



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA TEGANGAN JATUH PADA
SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK DI KM.
DOROLONDA DENGAN MENGGUNAKAN
SIMULASI *ELECTRICAL TRANSIENT
ANALYSIS PROGRAM* (ETAP)**

Moh. Farid Wahyudianto
NRP 4214 105 013

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Adi Kurniawan, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - ME 141501

***DROP VOLTAGE ANALYSIS ON
ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM AT
KM. DOROLONDA USING ELECTRICAL
TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM (ETAP)
SIMULATION***

Moh. Farid Wahyudianto
NRP 4214 105 013

Advisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Adi Kurniawan, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA TEGANGAN JATUH PADA SISTEM
DISTRIBUSI LISTRIK DI KM. DOROLONDA DENGAN
MENGGUNAKAN SIMULASI *ELECTRICAL TRANSIENT*
***ANALYSIS PROGRAM* (ETAP)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Moh. Farid Wahyudianto
NRP. 4214 105 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP. 196003191987011001
2. Adi Kurniawan, S.T., M.T.
NIP. 198904292014041001

()
()

SURABAYA
JULI, 2016

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA TEGANGAN JATUH PADA SISTEM
DISTRIBUSI LISTRIK DI KM. DOROLONDA DENGAN
MENGGUNAKAN SIMULASI *ELECTRICAL TRANSIENT*
***ANALYSIS PROGRAM* (ETAP)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Moh. Farid Wahyudianto
NRP. 4214 105 013

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

“halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK DI KM. DOROLONDA DENGAN MENGUNAKAN SIMULASI *ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM* (ETAP)

Nama Mahasiswa : Moh. Farid Wahyudianto
NRP : 4214 105 013
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito M.Sc.
Adi Kurniawan, S.T., M.T.

ABSTRAK

Kebutuhan akan listrik di kapal saat ini sangat tinggi, karena hampir semua aktivitas di kapal seperti berlayar, bermanuver, bongkar muat dan lego jangkar membutuhkan konsumsi listrik yang besar. Pada berbagai macam kondisi tersebut perlu diketahui seberapa besar nilai *losses* tegangan atau tegangan jatuh dan cara untuk melakukan perbaikan tegangan jatuh.

Pada penulisan tugas akhir dilakukan kajian secara teknis cara melakukan perhitungan tegangan jatuh secara manual dan membandingkannya dengan simulasi *software* ETAP. Pada simulasi *software* ETAP digunakan *load flow analysis* dan *motor acceleration analysis* sebagai metode untuk melakukan perhitungan tegangan jatuh secara simulasi.

Hasil yang diperoleh terdapat tegangan jatuh terbesar pada kondisi manuever, saat *starting* bow thruster terdapat tegangan jatuh selama 60 detik yang tidak sesuai dengan standar IEC 5% dan tidak direkomendasikan oleh IEEE. Setelah dilakukan perbaikan pada bow thruster dengan cara menaikkan tap transformator sebesar 2,5% dengan tegangan sekunder 400V pada hasil running *load flow analysis* dan memberi kapasitor sebesar 2000 kVAr, tegangan jatuh pada hasil running *motor acceleration analysis* bahwa tegangan jatuh dapat diturunkan menjadi 13 detik

pada detik ke 6 – 13 yang sesuai dengan standar IEC dan rekomendasi IEEE.

Kata Kunci : *load flow analysis, motor acceleration analysis,* sistem kelistrikan kapal, tegangan jatuh

VOLTAGE DROP ANALYSIS ON ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM AT KM. DOROLONDA USING ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM (ETAP) SIMULATION

Name : Moh. Farid Wahyudianto
NRP : 4214 105 013
Department : Marine Engineering
Advisor : Ir. Sardono Sarwito M.Sc.
Adi Kurniawan, S.T., M.T.

ABSTRACT

Demand for electricity in the ship currently very high, because almost all activities on board such as sailing, maneuvering, loading unloading and anchoring requires large power consumption. Various kinds of such conditions needed a way to determine how much the value of voltage losses or voltage drop and how to make improvements voltage drop.

In the final project studied it is technically how to do the calculations manually voltage drops and compare them with ETAP software simulation. In the ETAP software simulation used load flow analysis and motor acceleration analysis as a method for calculating the voltage drop by simulation.

The results obtained contained the biggest voltage drop on the conditions of maneuvers, when bow thruster starting contained a voltage drop for 60 seconds which is not in accordance with 5% IEC standard and not recommended by IEEE. After repairs to the bow thruster by increasing the transformer tap at 2.5% with a secondary voltage of 400V on the results of running load flow analysis and provide a capacitor of 2000 kVar, voltage drop on the results of running the motor acceleration voltage drop analysis could revealed to be 13

seconds at the second 6 until 13 are in accordance with standard IEC and IEEE recommendations.

Key Word: load flow analysis, marine electrical, motor acceleration analysis, voltage drop

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Tegangan Listrik.....	7
2.1.1 Tegangan DC.....	8
2.1.2 Tegangan AC.....	8
2.1.3 Tegangan Fasa	9
2.1.4 Tegangan Line	10
2.2. Arus Listrik	10
2.2.1 Arus DC.....	11
2.2.2 Arus AC	12

2.2.3	Arus Fasa.....	12
2.2.4	Arus Line.....	13
2.4.	Perbaikan Tegangan Jatuh	20
2.5.	Metode Perbaikan Tegangan Jatuh.....	24
2.6.	<i>Electrical Transient Analysis Program</i> (ETAP)	30
2.7.	Perbaikan Tegangan Jatuh Pada ETAP.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Umum	33
3.2	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	33
3.2.1	Perumusan Masalah	35
3.2.2	Studi Literatur.....	35
3.2.3	Pengambilan Data.....	35
3.2.4	Simulasi ETAP	36
3.2.5	Perhitungan Manual	36
3.2.6	Analisa Data dan Pembahasan.....	36
3.2.7	Kesimpulan dan Saran	36
3.2.8	Dokumentasi.....	36
BAB IV ANALISA DATA		37
4.1	Data Utama Kapal	37
4.2	Spesifikasi Peralatan.....	40
4.3	Kondisi Pembebanan Motor - Motor Listrik Pada Saat <i>Sailing</i>	42
4.3.1	Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Sailing</i>	43

4.3.2	Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Sailing</i>	45
4.3.3	Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Pada Kondisi <i>Sailing</i> ...	46
4.3.4	Hasil Simulasi <i>Motor Starting Analysis</i> Kondisi <i>Sailing</i>	49
4.4	Kondisi Pembebanan Motor - Motor Listrik Pada Saat <i>Loading Unloading</i>	55
4.4.1	Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Loading Unloading</i>	56
4.4.2	Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Loading Unloading</i>	58
4.4.3	Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Pada Kondisi <i>Loading Unloading</i>	59
4.4.4	Hasil Simulasi <i>Motor Starting Analysis</i> Kondisi <i>Loading Unloading</i>	62
4.5	Kondisi Pembebanan Motor - Motor Listrik Pada Saat <i>Anchoring</i>	68
4.5.1	Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Anchoring</i>	68
4.5.2	Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Anchoring</i>	71
4.5.3	Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Pada Kondisi <i>Anchoring</i> ..	72

4.5.4	Hasil Simulasi <i>Motor Starting Analysis</i> Kondisi <i>Anchoring</i>	75
4.6	Kondisi Pembebanan Motor - Motor Listrik Pada Saat <i>Manuevering</i>	81
4.6.1	Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Manuevering</i>	81
4.6.2	Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Tegangan Jatuh Pada Kondisi <i>Manuevering</i>	84
4.6.3	Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Pada Kondisi <i>Manuevering</i>	85
4.6.4	Hasil Simulasi Motor Starting Analysis Kondisi <i>Manuevering</i>	88
4.7	Hasil Perbaikan Tegangan Jatuh Dengan Simulasi <i>Electrical Transient Analysis Program</i> (ETAP).....	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		103
5.1	Kesimpulan	103
5.2	Saran	104
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Air Pada Bejana	7
Gambar 2.2 Tegangan DC.....	8
Gambar 2.3 Tegangan AC.....	9
Gambar 2.4 Arus DC	11
Gambar 2.5 Arus AC	12
Gambar 2.6 Arus <i>Starting</i>	18
Gambar 2.7 Tap Transformator	21
Gambar 2.8 Segitiga Daya.....	24
Gambar 2.9 <i>Single Line Diagram</i> Dengan Motor Induksi	26
Gambar 2.10 Diagram Pemasangan Kapasitor.....	28
Gambar 2.11 Kapasitor	28
Gambar 2.12 Diagram Segitiga Daya Reaktif	29
Gambar 2.13 Contoh Perbaikan Tegangan Jatuh Pada ETAP....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	35
Gambar 4.1 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 1	38
Gambar 4.2 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 2	38
Gambar 4.3 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 3	39
Gambar 4.4 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 4	39
Gambar 4.5 <i>Single Line Diagram</i> Kondisi <i>Sailing</i>	42
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Sailing</i>).....	47
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi <i>Sailing</i>).....	53
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi (Kondisi <i>Sailing</i>).....	53
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi <i>Sailing</i>).....	54
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Jatuh (Kondisi <i>Sailing</i>).....	54

Gambar 4.11 <i>Single Line Diagram</i> Kondisi <i>Loading Unloading</i>	55
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Loading Unloading</i>)	60
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi <i>Loading Unloading</i>)	66
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi (Kondisi <i>Loading Unloading</i>)	66
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi <i>Loading Unloading</i>)	67
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Jatuh (Kondisi <i>Loading Unloading</i>)	67
Gambar 4.17 <i>Single Line Diagram</i> Kondisi <i>Anchoring</i>	68
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Anchoring</i>)	73
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi <i>Anchoring</i>)	79
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi (Kondisi <i>Anchoring</i>)	79
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi <i>Anchoring</i>)	80
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi <i>Anchoring</i>)	80
Gambar 4.23 <i>Single Line Diagram</i> Kondisi <i>Manuevering</i>	81
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Manuevering</i>)	86
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi <i>Manuevering</i>)	92
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi (Kondisi <i>Manuevering</i>)	93
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi <i>Manuevering</i>)	93

Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Jatuh (Kondisi <i>Manuevering</i>)	94
Gambar 4.29 Kondisi Bow Thruster Sebelum Perbaikan dengan Simulasi <i>Load Flow Analysis</i>	95
Gambar 4.30 Kondisi Bow Thruster Setelah Perbaikan dengan Simulasi <i>Load Flow Analysis</i>	95
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus Setelah Perbaikan (Kondisi <i>Manuevering</i>)	100
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi Setelah Perbaikan (Kondisi <i>Manuevering</i>)	100
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Setelah Perbaikan (Kondisi <i>Manuevering</i>)	101
Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Setelah Perbaikan (Kondisi <i>Manuevering</i>)	101

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Peralatan.....	41
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Sesuai Data Lapangan (Kondisi <i>Sailing</i>).....	43
Tabel 4.3 Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> (Kondisi <i>Sailing</i>)	45
Tabel 4.4 Nilai <i>Error</i> Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Sailing</i>)	47
Tabel 4.5 Kondisi Operasional Steering Gear	49
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Sesuai Data Lapangan (Kondisi <i>Loading Unloading</i>).....	56
Tabel 4.7 Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> (Kondisi <i>Loading Unloading</i>)	58
Tabel 4.8 Nilai <i>Error</i> Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Loading Unloading</i>).....	60
Tabel 4.9 Kondisi Operasional Ballast Pump.....	63
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sesuai Data Lapangan (Kondisi <i>Anchoring</i>).....	69
Tabel 4.11 Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> (Kondisi <i>Anchoring</i>).....	71
Tabel 4.12 Nilai <i>Error</i> Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Anchoring</i>)	73
Tabel 4.13 Kondisi Operasional Windlass	75
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Sesuai Data Lapangan (Kondisi <i>Manuevering</i>)	82
Tabel 4.15 Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> (Kondisi <i>Manuevering</i>)	84
Tabel 4.16 Nilai <i>Error</i> Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi <i>Manuevering</i>).....	86
Tabel 4.17 Kondisi Operasional Bow Thruster	89

Tabel 4.18 Kondisi Operasional Bow Thruster Setelah Perbaikan
..... 96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara maritim terbesar di kawasan Asia Tenggara. Hampir semua kegiatan ekspor dan impor menggunakan media transportasi laut mengingat barang yang akan dibawa merupakan kebutuhan pokok seperti minyak, beras, gandum dan kebutuhan industri yang menunjang lainnya dalam jumlah besar.

Kemajuan teknologi membawa dampak yang sangat besar bagi industri perkapalan yaitu dari segi keselamatan, konstruksi, kelistrikan, dan permesinan yang diterapkan di kapal. Teknologi kelistrikan di kapal merupakan salah satu penunjang utama bagi berjalannya semua sistem yang ada di kapal.

Saat ini kebutuhan listrik di kapal sangat tinggi, karena hampir semua aktivitas di kapal membutuhkan listrik. Kapal sendiri memiliki beberapa kondisi yaitu berlayar (*sailing*), bermanuver (*maneuvering*), bongkar muat (*cargo handling*) dan lego jangkar (*anchoring*) semua membutuhkan konsumsi listrik yang besar, terutama pada saat kapal dalam kondisi bermanuver (*maneuvering*) dan bongkar muat (*cargo handling*). Berbagai macam kondisi kapal tersebut membuat kualitas energi listrik sangat penting, bahkan telah menjadi salah satu faktor utama.

Penyaluran daya listrik dari pusat pembangkitan energi listrik di kapal yaitu oleh generator atau biasa disebut *auxiliary engine* kepada beban – beban yang ada di kapal memerlukan suatu jaringan distribusi listrik yang baik. Pada penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (*losses*), yaitu

rugi daya dan rugi energi, mulai pembangkitan, distribusi hingga sampai pada beban.

Kualitas tegangan yang buruk dapat menyebabkan kerusakan pada alat-alat listrik yang ada di kapal. Tegangan jatuh atau *drop voltage* ialah suatu kondisi dimana jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya (beban listrik). Kondisi tersebut mengakibatkan kualitas tegangan menjadi buruk dan mengakibatkan arus listrik menjadi tinggi. Tegangan jatuh dapat terjadi akibat beberapa faktor yaitu pada saat lonjakan arus start yang tinggi, seperti pada peralatan listrik pompa, fan dan crane yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya, kurangnya suplai tegangan dari sumber listrik, ketidakseimbangan beban, umur peralatan, penampang penghantar listrik dan juga bisa terjadi akibat panjang atau jauhnya daerah penyaluran tenaga listrik dari sumbernya.

Tegangan jatuh tidak dapat dihilangkan, akan tetapi hanya bisa diminimalkan. Penyebab tegangan jatuh antara lain adalah jarak dari sumber ke beban terlalu jauh, penampang kabel terlalu kecil, titik sambungan kabel dan lonjakan arus *start* pada peralatan listrik. (Andang PP., Karnoto dan Bambang W., 2010) Akibat adanya tegangan jatuh tersebut segala peralatan listrik di kapal akan menjadi cepat rusak. Permasalahan ini sering kali dianggap remeh oleh para ABK di kapal yang menganggap situasi tersebut merupakan situasi yang biasa saja dan tidak begitu berdampak pada peralatan listrik di kapal. Apabila situasi tersebut sering terjadi maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik, kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan peralatan listrik yang ada di kapal akan sering mengalami panas berlebih atau *overheat* dan dapat mengurangi efisiensi dari peralatan tersebut.

Dalam penelitian ini terkait dengan permasalahan tersebut, maka akan dilakukan analisa bagaimana cara menghitung dan memperbaiki tegangan jatuh dengan cara melakukan perhitungan dan dengan cara simulasi *software*. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode survey dan pemetaan dengan menggunakan perancangan dan simulasi dari *software* ETAP sebagai cara untuk mendeteksi dan melakukan perhitungan. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menghasilkan sebuah analisa teknis perhitungan tegangan jatuh pada distribusi listrik di kapal, membandingkan hasil simulasi ETAP terhadap perhitungan manual tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik di kapal dan apakah tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik di KM. DOROLONDA sesuai dengan standar atau tidak, serta bagaimana cara meminimalisirnya agar dampak yang terjadi dapat segera diketahui dan diperbaiki.

1.2. Perumusan Masalah

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang mensuplai daya listrik ke beban. Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh beban. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dalam penyaluran energi listrik. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi yaitu dengan mengurangi rugi daya dan meminimalkan jatuh tegangan pada sistem distribusi listrik.

KM. DOROLONDA merupakan kapal penumpang dan salah satu kapal terbesar milik PT. PELNI dengan panjang total 146,5 meter. Kemungkinan terjadinya tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik cukup tinggi dikarenakan KM. DOROLONDA telah beroperasi cukup lama dan kemungkinan umur peralatan

yang listrik yang ada juga sudah tua. Oleh sebab itu cukup layak apabila dilakukan penelitian untuk mengetahui *losses* yang terjadi pada sistem distribusi listrik yang ada di KM. DOROLONDA.

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengetahui tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik di KM. DOROLONDA secara teori maupun dengan simulasi *software* ETAP ?
2. Apakah tegangan jatuh di KM. DOROLONDA sesuai dengan standar ?
3. Bagaimana cara melakukan perbaikan tegangan jatuh di KM. Dorolonda ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Perhitungan tegangan jatuh dilakukan hanya pada peralatan beban motor-motor listrik di KM. DOROLONDA.
2. Perhitungan tegangan jatuh tidak dilakukan pada beban penerangan.
3. Perhitungan tegangan jatuh dilakukan pada beban – beban sesuai dengan hasil pengambilan data di KM. DOROLONDA.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui cara melakukan perhitungan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik di beban motor-motor listrik di KM. DOROLONDA.

2. Membandingkan hasil perhitungan tegangan jatuh secara manual dan dengan simulasi ETAP beserta standar yang digunakan.
3. Memberikan kontribusi cara melakukan perbaikan tegangan jatuh pada KM. DOROLONDA.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini secara umum adalah :

1. Agar pembaca mengetahui berapa besar tegangan jatuh yang terjadi di KM. DOROLONDA.
2. Memberikan usulan kepada kapal bagaimana cara mendeteksi dan memperbaiki tegangan jatuh pada suatu sistem distribusi listrik.

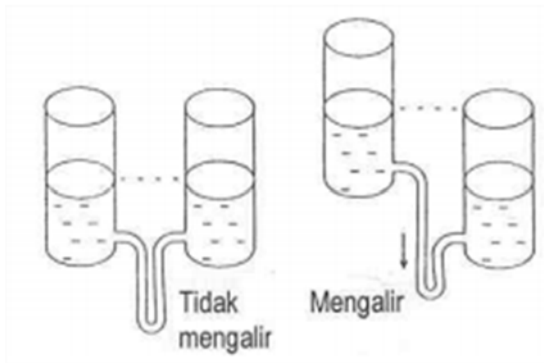
“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. Akan mudah menganalogikan aliran listrik dengan aliran air. Misalkan ada dua buah tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar 2.1. Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan dalam hal ini tidak ada aliran air dalam pipa. Jika salah satu tabung diangkat maka dengan sendirinya air akan mengalir dari tabung tersebut ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 2.1 Aliran Air Pada Bejana
(Sumber: Elektronika Dasar, Arus dan Tegangan Listrik)

Terjadinya aliran tersebut dapat dipahami dengan konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Yang paling penting dalam hal ini adalah perbedaan tinggi kedua tabung yang sekaligus menentukan

besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dalam satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir. (Henry Ranu, 2007)

2.1.1 Tegangan DC

Tegangan listrik DC (*Direct Current*) adalah arus listrik yang selalu mengalir dalam satu arah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Jika arus DC dihasilkan oleh sumber teganganya (V) tetap dan disalurkan pada penghantar yang memiliki hambatan (R) yang tetap, maka besar kuat arusnya (I) juga akan tetap. Arah arus DC selalu keluar dari kutub positif ke kutub negatif sumber tegangan DC.

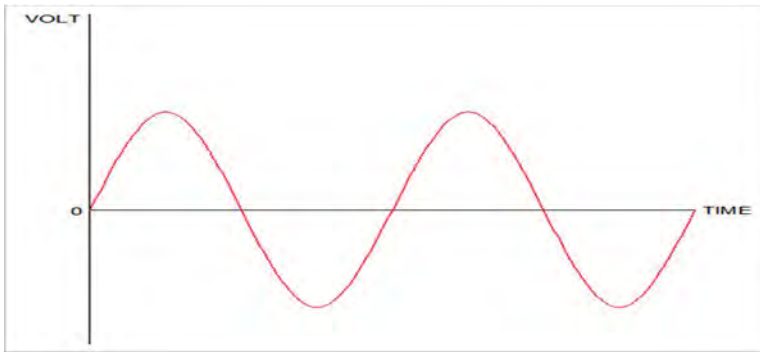


Gambar 2.2 Tegangan DC

2.1.2 Tegangan AC

Tegangan listrik AC (*Alternating Current*) adalah arus listrik yang arahnya selalu berbalik arah secara teratur (periodik)

seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Dalam selang waktu tertentu bagian atas sumber AC berpolaritas positif sementara bagian bawahnya berpolaritas negatif sehingga arus listrik dalam rangkaian AC mengalir berlawanan arah jarum jam dan berulang secara periodik.



Gambar 2.3 Tegangan AC

2.1.3 Tegangan Fasa

Tegangan fasa merupakan tegangan yang timbul akibat hubungan antara titik fasa dengan titik netral, dalam tegangan ini terjadi dengan frekuensi 50Hz, 220 V. Dalam hubungan Wye, arus line dan arus fase adalah arus yang sama, tetapi tegangan fasa adalah $1/\sqrt{3}$ dari tegangan line. Dalam hubungan delta harga tegangan tidak berubah, tetapi harga arus pada tiap kumpulan adalah $1/\sqrt{3}$ dari arus line.

$$V_{\text{fasa}} = \frac{1}{\sqrt{3}} V_{\text{line}} \dots \dots \dots \text{Hubungan Wye} \quad (2.1)$$

$$V_{\text{line}} = V_{\text{fasa}} \dots \dots \dots \text{Hubungan Delta} \quad (2.2)$$

2.1.4 Tegangan Line

Tegangan line adalah tegangan yang timbul akibat hubungan antara titik fasa dengan titik fasa dengan frekuensi 50Hz, 380 V. Dalam hubungan Wye, arus line dan arus fase adalah arus yang sama, tetapi tegangan fasa adalah $1/\sqrt{3}$ dari tegangan line. Dalam hubungan delta harga tegangan tidak berubah, tetapi harga arus pada tiap kumparan adalah $1/\sqrt{3}$ dari arus line.

$$V_{line} = V_{fasa} \dots \dots \dots \text{Hubungan Delta} \quad (2.3)$$

$$V_{line} = \sqrt{3} V_{fasa} \dots \dots \dots \text{Hubungan Wye} \quad (2.4)$$

2.2. Arus Listrik

Arus Listrik terjadi karena adanya aliran elektron dimana setiap elektron mempunyai muatan yang besarnya sama. Jika kita mempunyai benda bermuatan negatif berarti benda tersebut mempunyai kelebihan elektron. Derajat termuatinya benda tersebut diukur dengan jumlah kelebihan elektron yang ada. Muatan sebuah elektron sering dinyatakan dengan simbol q atau e , dinyatakan dengan satuan coulomb, yaitu sebesar :

$$q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb} \quad (2.5)$$

Misalkan sepotong kawat tembaga yang biasanya digunakan sebagai penghantar listrik dengan alasan harganya relatif murah, kuat dan tahan terhadap korosi. Besarnya hantaran pada kawat tersebut hanya tergantung pada adanya elektron bebas (dari elektron valensi), karena muatan inti dan elektron pada lintasan dalam terikat erat pada struktur kristal.

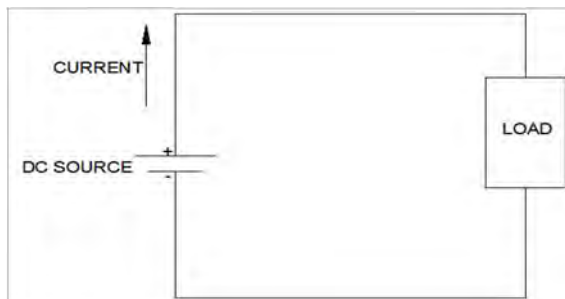
Pada dasarnya dalam kawat penghantar terdapat aliran elektron dalam jumlah yang sangat besar, jika jumlah elektron yang bergerak ke kanan dan ke kiri sama besar maka seolah-olah tidak terjadi apa-apa. Namun jika ujung sebelah kanan kawat menarik elektron sedangkan ujung sebelah kiri melepaskannya maka akan terjadi aliran elektron ke kanan (apabila hal ini disepakati bahwa arah arus ke kiri). Aliran elektron inilah yang selanjutnya disebut arus listrik. (Henry Ranu, 2007)

Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron per detik, namun demikian ini bukan satuan praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere, dimana :

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\text{coulomb}}{\text{sec}} \quad (2.6)$$

2.21 Arus DC

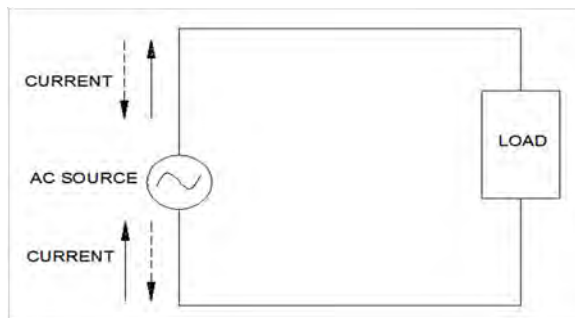
Arus listrik DC (*Direct Current*) merupakan arus listrik yang polaritasnya selalu sama atau tetap seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4, bagian polaritas yang positif akan selalu positif dan yang negatif akan tetap negatif tidak berubah-ubah dalam tiap waktu.



Gambar 2.4 Arus DC

2.2.2 Arus AC

Arus listrik AC (*Alternating Current*) adalah arus listrik yang arahnya selalu berbalik arah dalam tiap waktu secara teratur (periodik) seperti pada gambar 2.5. Dalam selang waktu tertentu bagian atas sumber AC berpolaritas positif sementara bagian bawahnya berpolaritas negatif, begitu juga dalam waktu yang berikutnya, bagian berpolaritas yang awalnya positif menjadi negatif dan bagian yang berpolaritas negatif menjadi positif. sehingga arus listrik dalam rangkaian AC mengalir berlawanan arah jarum jam dan berulang secara periodik.



Gambar 2.5 Arus AC

2.2.3 Arus Fasa

Arus fasa merupakan arus yang timbul akibat sebuah tegangan yang dihubungkan dengan titik fasa dengan titik netral.

$$I_{line} = I_{fasa} \dots \dots \dots \text{Hubungan Wye} \quad (2.7)$$

$$I_{fasa} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{line} \dots \dots \dots \text{Hubungan Delta} \quad (2.8)$$

2.2.4 Arus Line

Arus Line adalah arus yang timbul akibat sebuah tegangan yang dihubungkan dengan titik fasa dengan titik fasa.

$$I_{line} = \sqrt{3} I_{fasa} \dots \dots \dots \text{Hubungan Delta} \quad (2.9)$$

$$I_{line} = I_{fasa} \dots \dots \dots \text{Hubungan Wye} \quad (2.10)$$

2.3. Tegangan Jatuh

Tegangan jatuh adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerima. (Hasyim Asy'ari, 2011)

Tegangan jatuh merupakan termasuk dalam rugi-rugi jaringan dan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik. Ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi pada masing-masing titik. Besar tegangan jatuh yang terjadi dapat disimbolkan dengan ΔV . (Erhaneli dan Aldi Riski, 2013)

Tegangan Jatuh tidak bisa dihilangkan, tetapi hanya bisa diminimalkan. *Loss situation* di dalam jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan dimana suatu sistem distribusi di dalam pendistribusian tenaga listriknya jauh tegangan yang besar. Jarak gardu ke konsumen terlalu jauh, penampang kabel terlalu kecil dan titik sambung merupakan penyebab susut teknis. (Andang Purnomo dkk., 2010)

Pada industri, stabilitas sumber tenaga listrik adalah hal yang wajib diperhitungkan yang ditujukan untuk menjaga semua kondisi *equipment* yang ada. Akan tetapi akan sulit memproteksi jika kondisi *plant* dalam kapasitas skala besar untuk mensuplai semua fasilitas. (Hirotaka Chikaraishi dkk., 2004)

Berkurangnya tegangan masukan yang terjadi pada suatu penghantar atau gawai yang dilalui arus listrik juga merupakan salah satu faktor penyebab tegangan jatuh. Di dalam persyaratan umum instalasi listrik disebutkan, bahwa tegangan jatuh di suatu titik terhadap titik penyambungan, tidak boleh lebih dari 2% untuk instalasi penerangan dan tidak boleh lebih dari 5% untuk alat-alat pemakai yang lain, khususnya motor-motor listrik. Tegangan jatuh sampai dengan 10% menyebabkan efisiensi dan sirkuit akan turun lebih dari 10%, keluaran (*output*) cahaya lampu pijar akan lebih rendah 30%, keluaran lampu fluorescent akan berkurang sebesar 15%, temperature motor-motor induksi yang beroperasi akan naik sebesar 12%, arus yang mengalir (*running current*) akan naik sebesar 11% dan keluaran torsi (*output torque*) akan turun 19%. Tegangan jatuh dapat menyebabkan timbulnya rugi daya, yang selanjutnya rugi daya tersebut diubah menjadi panas. (Achmad Syahid dan Edy PH., 2004)

Akibat jatuh tegangan yang melebihi toleransi mengakibatkan banyak peralatan elektronik yang tidak bisa bekerja secara maksimal bahkan beberapa mengalami kerusakan. Peningkatan beban yang bersifat induktif dapat mengakibatkan pada penurunan faktor daya, peningkatan rugi-rugi jaringan, penurunan tegangan khususnya pada ujung saluran dan regulasi tegangan yang memburuk. (Hasyim Asy'ari, 2011)

Menurut Achmad Syahid dan Edy PH. besarnya tegangan jatuh (ΔV) pada saluran dengan sumber arus bolak balik (AC) tiga fasa dinyatakan dalam rumus :

- a. Jika kuat arus telah diketahui, maka dapat dicari besarnya tegangan jatuh pada beban induktif yaitu :

$$\Delta V = \frac{1,73 I l \cos \phi}{A x} \quad (2.11)$$

Dimana,

ΔV : Tegangan jatuh (V)

I : Arus (A)

l : Panjang penghantar (m)

A : Luas penampang penghantar (mm^2)

X : Konduktansi jenis penghantar (m S mm^{-2})
apabila penghantar tembaga 56 m S mm^{-2}

- b. Jika dayanya dalam watt telah diketahui, maka besarnya tegangan jatuh dapat dihitung yaitu :

$$\Delta V = \frac{P l}{V A x} \quad (2.12)$$

Dimana,

ΔV : Tegangan jatuh (V)

P : Daya (watt)

l : Panjang penghantar (m)

V : Tegangan kirim (V)

A : Luas penampang penghantar (mm^2)

x : Konduktansi jenis penghantar (m S mm^{-2})
apabila penghantar tembaga 56 m S mm^{-2}

Menurut Hasyim Asy'ari, rugi tegangan dapat dinyatakan dengan:

$$\begin{aligned} \Delta V &= I_s x (R_s + jX_s) \\ &= I x Z \end{aligned} \quad (2.13)$$

Dimana,

I : Arus (A)

Z : Impedansi (Ω)

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2.14)$$

Dimana,

ΔV : Tegangan jatuh (V)

V_s : Tegangan kirim (V)

V_r : Tegangan terima (V)

Maka besar nilai presentase (%) tegangan jatuh adalah :

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \% \quad (2.15)$$

Dimana,

$\Delta V(\%)$: Tegangan jatuh dalam (%)

ΔV : Tegangan jatuh (V)

V : Tegangan kerja (V)

2.3.1 Penyebab Tegangan Jatuh

Terjadinya tegangan jatuh dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jauhnya daerah penyaluran tenaga listrik dari sumber listrik ke beban listrik, ketidak seimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar. (Andang PP, Karnoto dan Bambang W., 2010)

Namun beberapa faktor lain tegangan jatuh yang terjadi di kapal, seperti turunya tegangan dari sumber listrik (generator) diakibatkan kurangnya eksitasi pada generator dan akibat dari arus start dari beban induksi seperti motor listrik.

a. Faktor dari sumber tegangan

Sesuai dengan konsep gaya gerak listrik yang dikemukakan oleh Michael Faraday yang melakukan penelitian untuk menentukan faktor yang mempengaruhi besarnya gaya gerak listrik yang diinduksi. Hukum Faraday yang menyatakan bahwa induksi sangat bergantung pada

waktu, yaitu semakin cepat terjadinya perubahan medan magnetik, gaya gerak listrik yang diinduksikan semakin besar.

$$\begin{aligned}
 E_0 &= -N \frac{d\Phi}{dt} \\
 &= -N \frac{d(B A \cos \phi)}{dt}
 \end{aligned}
 \tag{2.16}$$

Dimana,

E_0 : GGL (V)
 Φ : Fluks (Wb)
 N : Jumlah lilitan
 t : Waktu (s)
 B : Medan magnet (Tesla)
 A : Penampang (mm^2)

Dari persamaan hukum Faraday, tegangan juga berpengaruh pada putaran. Dibuktikan pada persamaan berikut :

$$E_0 = c . n . \Phi \tag{2.17}$$

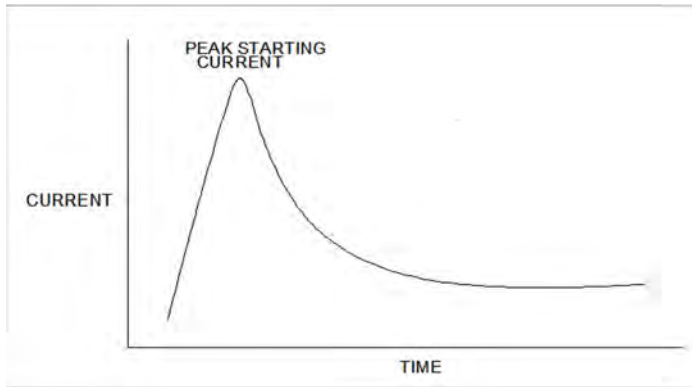
Dimana,

E_0 : GGL (V)
 c : Konstanta mesin
 n : Putaran (rpm)
 Φ : Fluks (Wb)

b. Faktor arus *starting motor*

Istilah arus *starting*, dapat diartikan sebagai arus datang tiba – tiba atau arus kejut, dengan *magnitude* yang besar

tetapi bukan merupakan arus gangguan. Meskipun arus *starting* bukan merupakan arus gangguan, tetapi keberadaannya juga dapat menginterupsi operasi dari mesin listrik, yang dapat menimbulkan tegangan jatuh pada saat *starting* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. (Firman dkk., 2016)



Gambar 2.6 Arus *Starting*

Ada beberapa metode *starting motor* yang dapat dilakukan untuk mengatasi arus *starting* yang besar, beberapa diantaranya adalah :

1. Direct Online (DOL)
2. Wye – Delta
3. Autotransformator
4. Soft Starter

Dari persamaan hukum faraday, juga berpengaruh pada frekuensi yang dibuktikan dengan persamaan berikut :

$$n = \frac{120 f}{P} \quad (2.18)$$

Dimana,

n : Putaran (rpm)
 f : Frekuensi (Hz)
 P : Jumlah kutub

Kondisi arus *starting motor* dan tegangan jatuh yang diterima oleh motor juga berpengaruh terhadap efisiensi motor yang dibuktikan dengan persamaan :

$$Eff(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.19)$$

Dimana,

Eff(%) : Efisiensi dalam persen (%)
 Pout : Daya yang keluar (watt)
 Pin : Daya yang diterima (watt)

Walaupun arus *start* yang besar tersebut hanya berlangsung dalam waktu yang cukup singkat, namun hal tersebut juga menyebabkan tegangan jatuh (*voltage drop*) sesaat yang disebut *voltage dip*. (Firman dkk., 2016)

Voltage dip menurut IEEE Std 1159-1995 mendefinisikan *voltage dip* sebagai penurunan tegangan antara 10 – 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 siklus sampai 60 detik. Efek yang merugikan akibat *voltage dip* ini meliputi :

1. Torsi yang bersifat *transient* yang dapat menyebabkan *stress* (tekanan) yang berlebih pada sistem mekanisnya.
2. Menghambat akselerasi (percepatan) putaran motor menuju kecepatan normal.

3. Kegagalan kerja dari peralatan – peralatan lainnya seperti *relay*, *contactor* dan menyebabkan *flicker* cahaya yang cukup mengganggu.

Untuk menjaga agar motor tetap beroperasi dan mencegah kegagalan kerja motor untuk mencapai kecepatan nominalnya, maka sebaiknya *voltage dip* tidak sampai di bawah 70% dari tegangan nominal. Dengan ini menganggap bahwa *flicker* cahaya bukanlah suatu hal yang mengganggu. Namun, jika faktor kualitas operasional dan pelayanan adalah hal yang utama, maka batasan *voltage dip* yang diijinkan adalah 10%. (Firman dkk., 2016)

Sedangkan menurut IEC 60364-8-1 maksimum tegangan jatuh pada instalasi sistem distribusi listrik yang diijinkan adalah sebesar 3% untuk beban penerangan dan 5% untuk beban kelistrikan lainnya, prosentase tersebut disesuaikan dengan berapa besarnya tegangan yang diberikan dari sumber tegangan.

2.4. Perbaikan Tegangan Jatuh

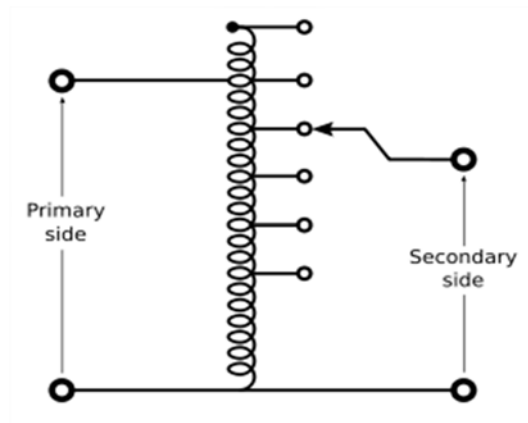
Dalam penyediaan tenaga listrik, tegangan yang konstan merupakan salah satu syarat utama yang harus dipenuhi. Pengaturan tegangan erat kaitannya dengan pengaturan daya reaktif dalam sistem, tegangan memiliki nilai yang berbeda-beda dalam setiap bagian sistem. Oleh karenanya pengaturan tegangan tidak dapat dilakukan pada satu bagian saja, melainkan harus merata pada bagian-bagian dalam sistem yang mengalami penurunan. (Restu DP dan I Made Ardita, 2008)

Pengaturan perbaikan tegangan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Mengubah tap pada transformator
2. Menambah kapasitor

Tap trafo itu sendiri dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Perubahan tap trafo secara manual dianggap kurang

efisien sebab masih membutuhkan faktor manusia yang harus mengubah posisi tap trafo setiap terjadi penurunan nilai tegangan yang cukup signifikan. Pengaturan tap trafo secara otomatis dilakukan dengan menggunakan pengatur tegangan otomatis yang akan mengubah posisi tap trafo saat nilai tegangan keluaran trafo mengalami penurunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. (Restu DP dan I Made Ardita, 2008)



Gambar 2.7 Tap Transformator
(Sumber : Restu DP dan I Made Ardita, 2008)

Pemasangan kapasitor merupakan salah satu hal yang dapat mengurangi rugi tegangan dan rugi – rugi daya dengan menentukan jumlah pemakaian dan menentukan lokasi yang optimum pada saluran distribusi sehingga nantinya akan diperoleh profil tegangan sesuai dengan standar yang diijinkan.

Kapasitor adalah komponen atau peralatan listrik yang dapat mensuplai daya reaktif (VAr). Pemasangan kapasitor pada sistem distribusi dapat memperbaiki faktor daya, rugi daya, pada saluran dan memperbaiki tegangan pada sistem.

Kapasitansi adalah kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik, dinyatakan dengan simbol C dan satuan *Farad*, muatan listrik dengan simbol Q dengan satuan *Culomb*, tegangan diantara dua plat bersimbol V dengan satuan *Volt*. Kapasitas sebuah kapasitor adalah perbandingan antara banyak muatan listrik dengan tegangan kapasitor. (Abrar Tanjung, 2010)

Beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif, yang kemudian akan dapat menimbulkan jatuh tegangan di sisi penerima. Dengan melakukan pemasangan kapasitor, beban akan mendapatkan suplai daya reaktif. Kompensasi yang dilakukan oleh kapasitor akan dapat mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Dengan demikian jatuh tegangan yang terjadi dapat dikurangi.

a. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya rata-rata yang diserap komponen resistif yang dinyatakan dengan P dalam satuan *watt* yang ditulis dengan persamaan : (Abrar Tanjung, 2010)

$$\begin{aligned}
 P &= I^2 R \\
 &= I^2 (Z \cos \phi) \\
 &= (I Z) I \cos \phi \\
 &= V I \cos \phi
 \end{aligned}
 \tag{2.20}$$

Dimana,

P : Daya aktif (watt)

I : Arus (A)

Z : Impedansi (Ω)

R : Hambatan (Ω)

V : Tegangan (V)

b. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya yang diserap oleh komponen aktif yang dinyatakan dengan Q dalam satuan VAr. Didefinisikan sebagai perkalian antara tegangan, arus dan sinus dari sudut faktor daya dan ditulis dengan persamaan : (Abrar Tanjung, 2010)

$$\begin{aligned} Q &= I^2 X \\ &= I^2 (Z \sin \phi) \\ &= (I Z) I \sin \phi \\ &= V I \sin \phi \end{aligned} \quad (2.21)$$

Dimana,

Q : Daya reaktif (VAr)
 I : Arus (A)
 Z : Impedansi (Ω)
 X : Reaktansi (Ω)
 V : Tegangan (V)

c. Daya Apparent (S)

Daya *apparent* adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus yang dinyatakan dengan S atau dapat ditulis dengan : (Abrar Tanjung, 2010)

$$\begin{aligned} S &= I^2 Z \\ &= (I Z) I \\ &= V I \end{aligned} \quad (2.22)$$

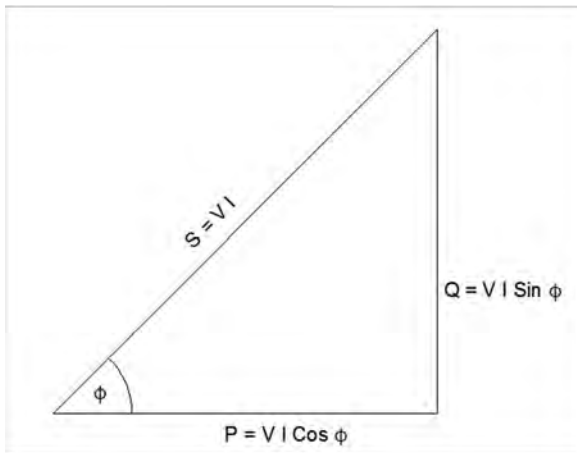
Dimana,

S : Daya *apparent* (VA)
 I : Arus (A)
 Z : Impedansi (Ω)
 V : Tegangan (V)

Untuk sistem tiga fasa perhitungan daya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} V I \cos \phi \\ Q &= \sqrt{3} V I \sin \phi \\ S &= \sqrt{3} V I \end{aligned} \quad (2.23)$$

Dimana tegangan (V) adalah tegangan antar saluran (*line to line*)



Gambar 2.8 Segitiga Daya

2.5. Metode Perbaikan Tegangan Jatuh

Voltage drop itu terjadi pada sistem distribusi, dengan cara menganalisa daya 3 phase beserta perhitungannya menggunakan media digital komputer. Memberikan rekomendasi kepada praktisi *engineer* untuk dapat memilih beberapa metode analisis untuk menganalisa terjadinya *voltage drop* dengan baik. (Charles W. Brice)

Load flow studies digunakan untuk mengetahui aliran daya listrik yang ditransfer dari generator kepada beban-beban listrik yang melewati *grid system* dengan stabil, keandalan penuh, dan ekonomis. Teknik konvensional ini secara langsung dapat mengetahui permasalahan-permasalahan yang ada pada aliran daya yang ada pada saluran distribusi dengan menggunakan metode Newton-Rapshon atau Gauss-Seidel. (Dharamjit dan DK Tanti, 2012)

Metode perhitungan tegangan jatuh dengan cara *load flow analysis* menggunakan *software* sangatlah membantu dengan hasil yang lebih baik atau lebih presisi daripada melakukannya dengan sistem manual.

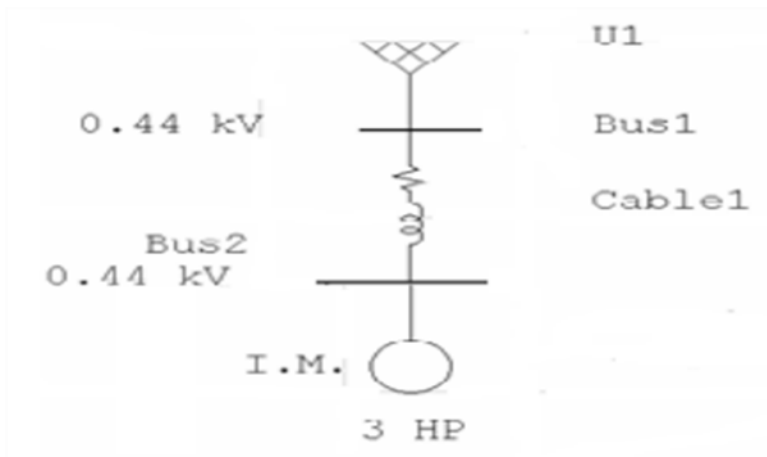
Dengan mengetahui data aktual *single line diagram* kemudian dapat disimulasikan pada *software* ETAP untuk segera dianalisa apakah terjadi *under voltage* pada tiap bus penyalang. *Load flow analysis* yang disimulasikan dengan ETAP menggunakan metode Newton-Rapshon. Apabila terjadi suatu kegagalan sistem atau sistem tersebut bermasalah ETAP akan memberikan tanda warna merah. *Load flow studies* bisa digunakan juga untuk mengoptimalkan *size* dan lokasi dari kapasitor apabila terjadi *under voltage*. (Rohit Kapahi, 2013)

Studi aliran daya atau *load flow analysis* memiliki fungsi yang sangat penting dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan menentukan operasi terbaik dari suatu sistem kelistrikan. Keterangan utama yang diperoleh dari suatu aliran beban adalah besar dan sudut fasa tegangan pada setiap rel dan daya nyata serta daya reaktif yang mengalir pada setiap saluran. (Restu DP dan I Made Ardita, 2008)

Power flow atau *load flow studies* sangat penting sebagai perencanaan kedepan untuk sistem tenaga yang baik dan benar serta dari hasil tersebut dapat mengemukakan pengoperasian

aliran daya yang terbaik atau maksimal. Prinsip penggunaan dari *power flow study* adalah tentang *magnitude* dan sudut phase dari tegangan yang dihasilkan pada setiap *bus* dan daya reaktif yang ditampilkan dari *power flow study*. (Dharamjit dan DK Tanti, 2012)

Gambar perencanaan *single line diagram* yang ada pada *software* ETAP yang mana juga dapat melihat karakteristik motor induksi. *Software* ETAP memiliki dua metode perhitungan *starting* motor induksi yaitu *dynamic motor acceleration* dan *static motor acceleration*. Pada *running* motor induksi menggunakan metode tersebut akan diketahui bagaimana karakteristik motor induksi saat dalam kondisi *starting* dan *steady state* dengan mengatur waktu akselerasi motor yang diinginkan. (Piyush S. Patil dan KB Porate, 2009)



Gambar 2.9 *Single Line Diagram* Dengan Motor Induksi
(Sumber: Piyush S. Patil dan KB Porate, 2009)

Simulasi ETAP dengan menggunakan *motor acceleration analysis* akan dapat menentukan berapa tegangan dan arus tiap detik pada motor tersebut ketika berakselerasi, hasil dari *running software* ETAP tersebut dapat dimasukkan ke dalam standar IEEE std 1159-1995 tentang *voltage dip*. (Piyush S. Patil dan KB Porate, 2009)

Alternatif yang dapat dilakukan untuk memperbaiki profil tegangan tersebut adalah dengan melakukan kompensasi daya reaktif yaitu dengan memasang kapasitor seperti pada gambar 2.11. (Hasyim Asy'ari, 2011)

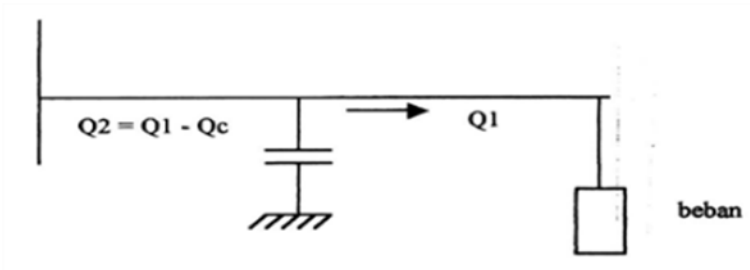
Fungsi utama dari kapasitor yaitu sebagai penyeimbang beban induktif, seperti yang diketahui bahwa beban peralatan listrik yang sering digunakan dan dijumpai memiliki karakteristik induktif, sehingga untuk menyeimbangkan karakteristik beban tersebut perlu digunakan kapasitor yang berperan sebagai beban kapasitif. (Firman dkk., 2016)

Berikut adalah beberapa kegunaan dari kapasitor :

1. Memperbaiki faktor daya
2. Menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks atau daya *apparent* (VA)
3. Mengurangi tegangan jatuh (*voltage drop*)
4. Menghindari kelebihan beban transformer
5. Memberikan tambahan daya tersedia
6. Menghindari kenaikan arus / suhu pada kabel
7. Menghemat daya / efisiensi
8. Memperpanjang umur instalasi & peralatan listrik
9. Kapasitor juga dapat mengurangi rugi – rugi lainnya pada instalasi listrik

Pengaturan tegangan dengan menggunakan kapasitor, selain dapat memperbaiki nilai tegangan juga dapat meningkatkan nilai faktor daya. Sebab dengan memasang kapasitor, akan dapat

mengurangi penyerapan daya reaktif oleh beban seperti pada gambar 2.10 dan 2.11. Dengan berkurangnya nilai daya reaktif yang diserap oleh beban akan dapat meningkatkan nilai faktor daya. (Restu DP dan I Made Ardita, 2008)



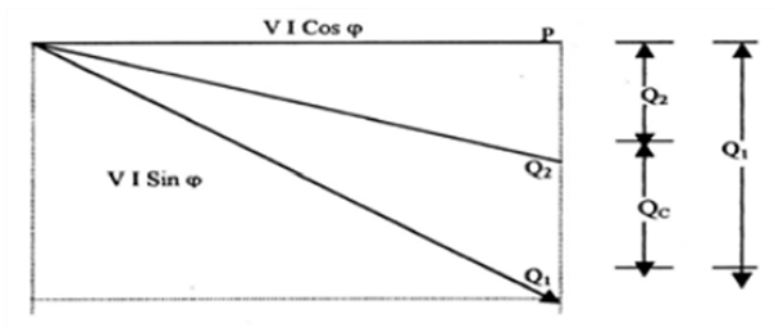
Gambar 2.10 Diagram Pemasangan Kapasitor
(Sumber: Abrar Tanjung, 2010)



Gambar 2.11 Kapasitor

Jika suatu penyulang melayani beban induktif dengan faktor daya *lagging* (terbelakang), dengan faktor daya yang rendah akan menambah daya terpasang (kVA) yang lebih tinggi untuk kebutuhan daya aktif yang konstan. (Abrar Tanjung, 2010)

Kapasitor mengambil daya reaktif *leading* dari sumber dan dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Diagram Segitiga Daya Reaktif
(Sumber: Abrar Tanjung, 2010)

Perhitungan penentuan kebutuhan kapasitor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tan \phi = \frac{Q}{P} \quad (2.24)$$

$$\tan(\arccos \phi) = \frac{Q}{P}$$

$$Q = \tan(\arccos \phi) P$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_1 - Q_2 \\ &= [P \times \tan(\arccos \phi Q_1)] - [P \times \tan(\arccos \phi Q_2)] \\ &= P \times [\tan(\arccos \phi Q_1) - \tan(\arccos \phi Q_2)] \end{aligned}$$

Dimana,

- P : Daya aktif (watt)
- Q_1 : Daya reaktif yang diinginkan (VAr)
- Q_2 : Daya reaktif awal (VAr)
- Q_C : Daya reaktif yang perlu ditambahkan (VAr)

2.6. *Electrical Transient Analysis Program (ETAP)*

Power station adalah *software* untuk *power system* yang bekerja berdasarkan perencanaan (*plant/project*). Setiap *plant* harus menyediakan *modeling* peralatan dan alat – alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. ETAP *power station* dapat melakukan penggambaran *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisis / studi yakni *load flow* (aliran daya), *short circuit* (hubung singkat), *motor starting*, *harmonics power systems*, *transient stability* dan *protective device coorination*. (Abrar Tanjung, 2010)

ETAP *power station* juga menyediakan fasilitas *library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. (Firman dkk., 2016)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP *power station* adalah :

a. *Single line diagram*

Menunjukkan hubungan antar komponen / peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.

b. *Library*

Informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail / lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi atau analisa.

c. Standar

Standar yang dipakai biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI. Perbedaan antar standar IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz, sedangkan standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60 Hz.

d. *Study Case*

Study case berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

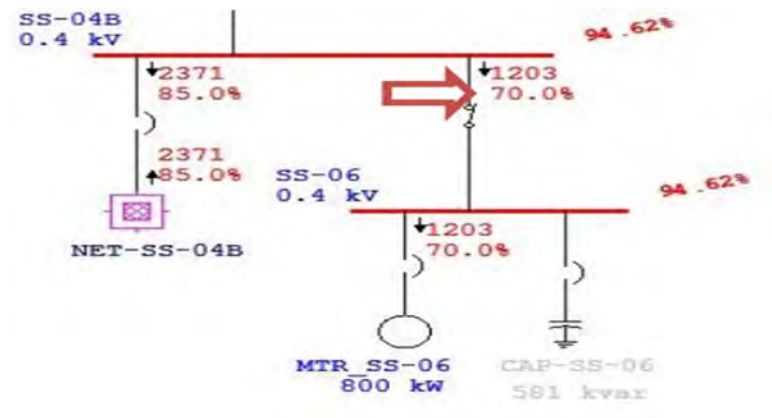
2.7. Perbaikan Tegangan Jatuh Pada ETAP

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, fenomena yang selalu menjadi perhatian adalah *under voltage*. *Under voltage* umumnya terjadi akibat jaringan yang terlalu panjang sedangkan saluran distribusi memiliki level tegangan menengah dan tegangan rendah, sehingga timbulnya rugi – rugi juga semakin besar. Dalam sistem tenaga listrik pengaturan tegangan dapat dilakukan dari dua sisi, yaitu sisi pembangkit dan sisi beban. (Power System Laboratory, Teknik Elektro-ITS)

Berbeda dengan di kapal yang sistem distribusinya tidak terlalu panjang, tegangan jatuh di kapal hampir kecil kemungkinannya apabila terjadi tegangan jatuh akibat dari panjangnya penghantar.

Dalam studi analisa dengan menggunakan ETAP dapat disimulasikan tentang perbaikan tegangan di sisi beban seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12. Terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk memperbaiki tegangan suatu bus, yaitu

dengan metode *tap changer transformer* serta pemasangan *capasitor bank*. (Power System Laboratory, Teknik Elektro-ITS)



Gambar 2.13 Contoh Perbaikan Tegangan Jatuh Pada ETAP
(Sumber: Power System Laboratory, Teknik Elektro-ITS)

BAB III

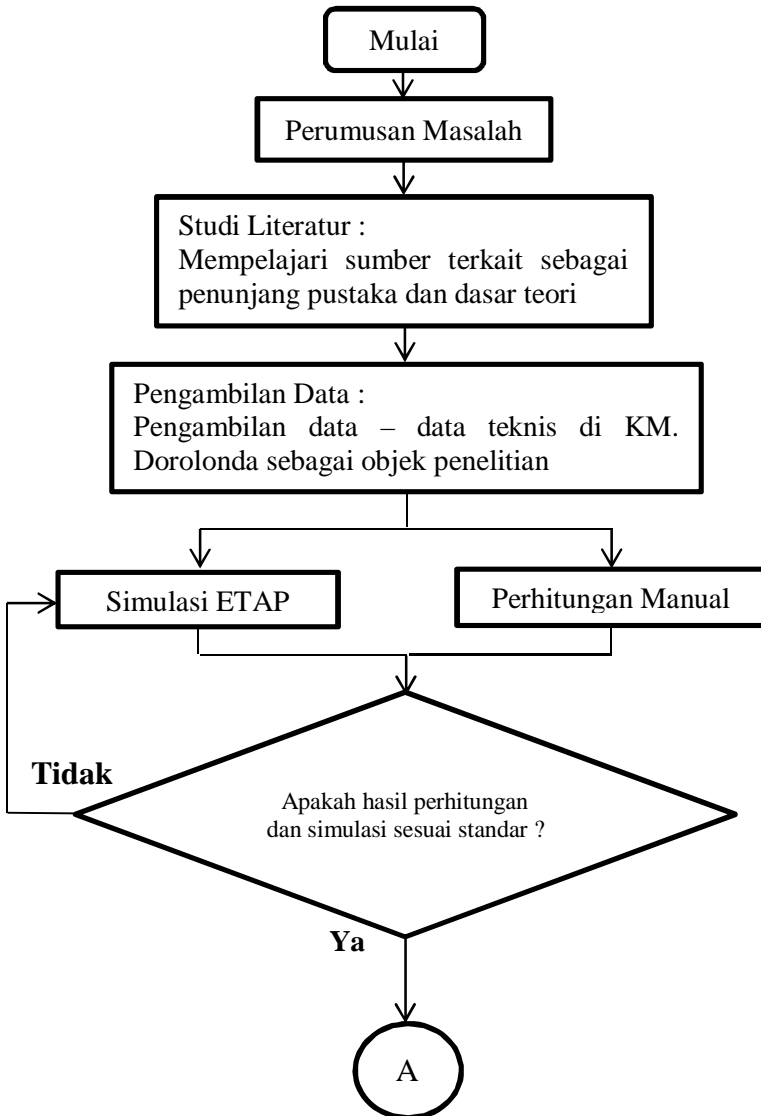
METODOLOGI PENELITIAN

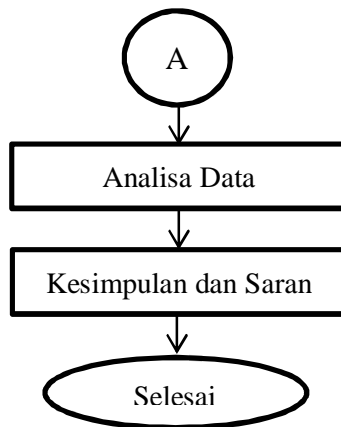
3.1 Umum

Metodologi tugas akhir merupakan urutan sistematis tahapan pengerjaan tugas akhir yang dilakukan sejak dimulainya pengerjaan hingga akhir. Metodologi penelitian diperlukan agar proses penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan memperoleh hasil yang maksimal. Penulisan tugas akhir ini bersifat penelitian dan simulasi sehingga dibutuhkan beberapa data - data riil untuk mendukung pelaksanaan penelitian dan mensimulasikannya. Metodologi yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini secara umum dimulai dengan rumusan masalah, penentuan kapal yang akan digunakan sebagai objek penelitian, studi literatur, pengumpulan data, simulasi sistem, analisa hasil simulasi sistem, membandingkan dengan hasil perhitungan secara manual, analisa pembahasan, rekomendasi, dan diakhiri kesimpulan dan saran.

3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Untuk mengetahui proses pengerjaan tugas akhir dapat digambarkan pada *flowchart* proses pengerjaan tugas akhir. Dengan adanya *flowchart* akan membantu proses pengerjaan tugas akhir agar lebih jelas dalam proses tahapan pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir. Pada tugas akhir ini *flowchart* proses tugas akhir ditunjukkan pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2.1 Perumusan Masalah

Tahap perumusan masalah yaitu berisi tentang bagaimana cara melakukan perhitungan tegangan jatuh, menyesuaikan hasil perhitungan dan simulasi dengan standar dan cara melakukan perbaikan tegangan jatuh.

3.2.2 Studi Literatur

Tahapan studi literatur yaitu berisi tentang rangkuman penunjang dasar teori beserta *review* paper yang berkaitan dengan pembahasan tugas akhir. Teori yang dimaksud terkait dengan cara melakukan perhitungan tegangan jatuh dan cara memperbaikinya.

3.2.3 Pengambilan Data

Pengambilan data pendukung diambil di KM. Dorolonda yang bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini

sehingga dibutuhkan pengambilan data lapangan sebagai penunjang. Adapun data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- a. Data spesifikasi teknis generator
- b. Data spesifikasi teknis beban motor-motor listrik
- c. *Single line* diagram sistem kelistrikan

3.2.4 Simulasi ETAP

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan program simulasi pada *software* ETAP dengan cara melakukan penggambaran kondisi operasional motor – motor listrik sesuai dengan kondisi kapal.

3.2.5 Perhitungan Manual

Tahap melakukan perhitungan secara manual disesuaikan dengan pengambilan data teknis motor – motor listrik di KM. Dorolonda.

3.2.6 Analisa Data dan Pembahasan

Pada tahapan analisa data adalah menganalisa hasil yang didapatkan dari hasil simulasi ETAP dan hasil perhitungan secara manual. Setelah mendapatkan hasil dari keduanya hasil perhitungan tersebut disesuaikan dengan standar IEEE dan IEC.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan, selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa dan pembahasan yang telah dihitung serta memperoleh hasil dan membrikan saran atau rekomendasi sebagai kontribusi pengerjaan tugas akhir.

3.2.8 Dokumentasi

Seluruh tahapan penelitian didokumentasikan ke dalam bentuk penulisan tugas akhir.

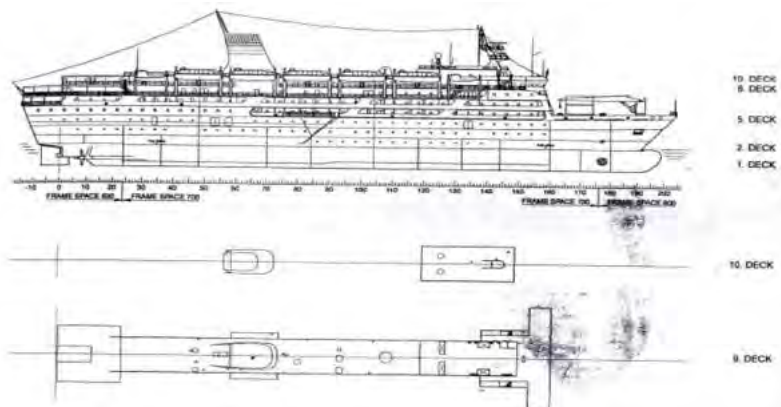
BAB IV ANALISA DATA

4.1 Data Utama Kapal

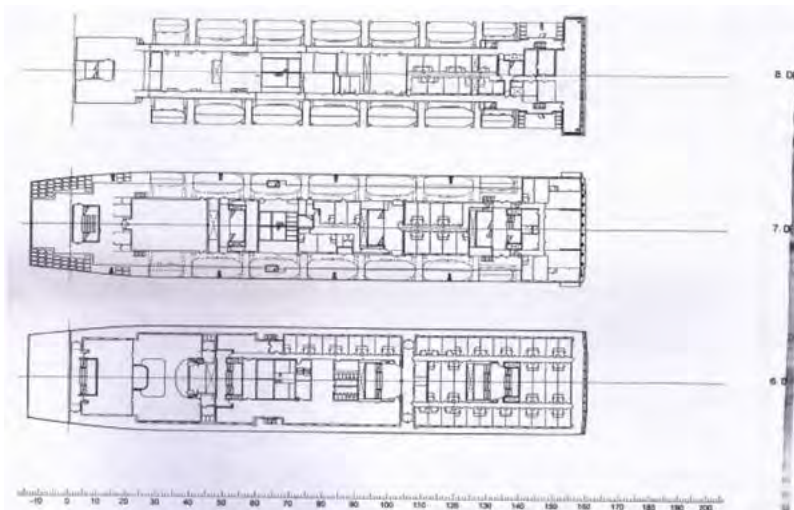
Adapun dimensi utama dari kapal yang digunakan sebagai objek penelitian adalah :

<i>Name of Ship</i>	: <i>KM. DOROLONDA</i>
<i>Kind of Ship</i>	: <i>Passenger Ship</i>
<i>LOA</i>	: <i>146,50 m</i>
<i>LPP</i>	: <i>130,00 m</i>
<i>Breadth</i>	: <i>23,40 m</i>
<i>Draft</i>	: <i>5,90 m</i>
<i>Gross Tonnage</i>	: <i>14800 GT</i>
<i>DWT</i>	: <i>3175 ton</i>
<i>Vs</i>	: <i>22 knot</i>
<i>Main Engine</i>	: <i>2 KRUPP MaK 8M 601C</i>
	: <i>Output : 8250 kW 428 RPM</i>
<i>Aux. Engine</i>	: <i>4 Daihatsu Type : 6 DL-24</i>
	: <i>Output : 800 kW 750 RPM</i>
<i>Spesification of Passengers</i>	: <i>1ST Class A = 36 persons</i>
	: <i>1ST Class B = 56 persons</i>
	: <i>1ST Class S = 12 persons</i>
	: <i>Eco Class = 2066 persons</i>
	: <i>Total l= 2170persons</i>
	: <i>Crews = 155 persons</i>
<i>Class</i>	: <i>GL – BKI</i>
<i>Operator</i>	: <i>PT. PELNI</i>

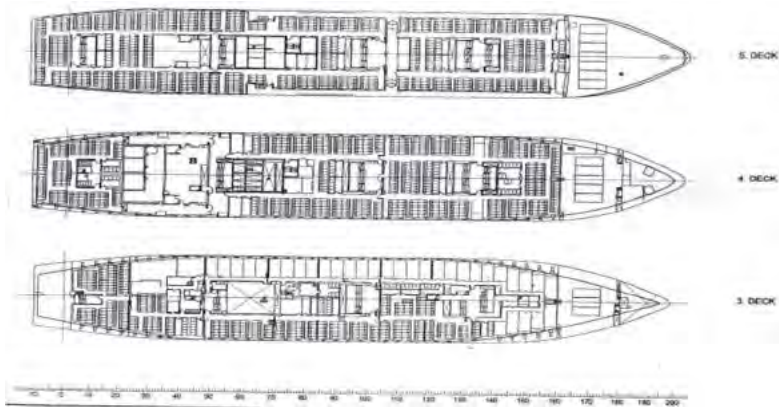
Sedangkan gambar rencana umum KM. Dorolonda ditunjukkan pada gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4.



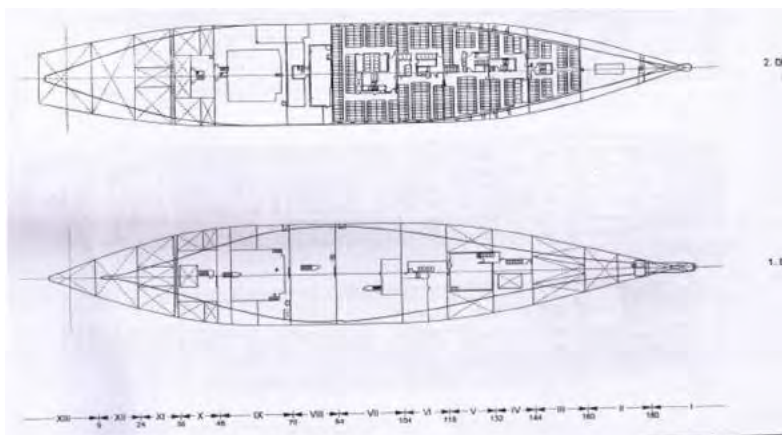
Gambar 4.1 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 1
(Sumber: PT. PELNI)



Gambar 4.2 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 2
(Sumber: PT. PELNI)



Gambar 4.3 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 3
(Sumber: PT. PELNI)



Gambar 4.4 Rencana Umum KM. Dorolonda Bagian 4
(Sumber: PT. PELNI)

4.2 Spesifikasi Peralatan

Pada sistem kelistrikan distribusi motor – motor listrik di KM. Dorolonda terdapat beberapa komponen mesin listrik seperti generator, motor listrik dan transformator. Berikut adalah spesifikasi teknis peralatan mesin listrik yang menunjang sistem distribusi listrik di KM. Dorolonda :

a. Generator

Generator listrik secara umum merupakan suatu mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada KM. Dorolonda terdapat 4 unit generator utama yang digunakan secara bergilir sesuai kebutuhan beban listrik di kapal. Berikut spesifikasi generator di KM. Dorolonda :

Type	: Daihatsu 6DL-24, TAIYO (4 unit)
Daya	: 800 kW, 1000 kVA
Putaran	: 750 rpm
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan	: 400 V

b. Transformator

Transformator secara umum merupakan suatu mesin listrik yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan AC melalui induksi elektromagnetik. Pada KM. Dorolonda terdapat 2 unit transformator yang digunakan sesuai kebutuhan beban listrik di Kapal. Berikut spesifikasi teknis transformator di KM. Dorolonda :

• Transformator 1

Daya	: 2400 kVA
Tegangan Primer	: 400 V
Tegangan Sekunder	: 400 V

• Transformator 2

Daya : 900 kVA
 Tegangan Primer : 400 V
 Tegangan Sekunder : 400 V

c. Motor Listrik

Secara umum motor listrik adalah suatu mesin listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor – motor listrik yang digunakan pada sistem distribusi listrik di KM. Dorolonda adalah motor induksi 3 fasa, berikut adalah spesifikasi motor – motor listrik yang digunakan pada tabel 4.1.

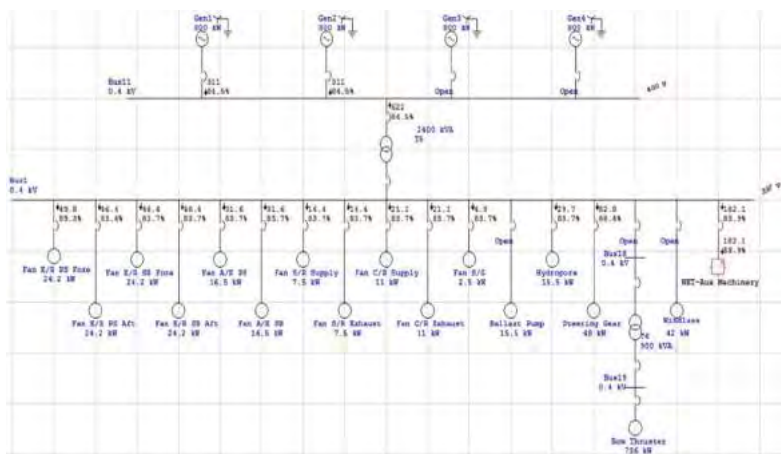
Tabel 4.1 Spesifikasi Peralatan

Nama Peralatan	P (kW)	V (V)	I (A)	Pole	n (rpm)
Fan Engine Room (PS Fore)	24.2	400	50	4	1500
Fan Engine Room (PS After)	24.2	400	50	4	1500
Fan Engine Room (SB Fore)	24.2	400	50	4	1500
Fan Engine Room (SB After)	24.2	400	50	4	1500
Fan Auxiliary Engine Room (PS)	16.5	400	33	4	1500
Fan Auxiliary Engine Room (SB)	16.5	400	33	4	1500
Fan Separator Room (Supply)	7.5	400	14.8	4	1500
Fan Separator Room (Exhaust)	7.5	400	14.8	4	1500
Fan Compressor Room (Supply)	11	400	22.5	4	1500
Fan Compressor Room (Exhaust)	11	400	22.5	4	1500
Fan Steering Gear Room	2.5	400	2.1	4	1500
MDO Transfer Pump	5.5	400	10.9	4	1500
MDO Booster Pump	1.1	400	2.65	4	1500
LO Pump	1.5	400	3.45	4	1500
CO FW Pump	48	400	92	4	1500
CO SW Pump	38	400	75	4	1500

Nama Peralatan	P (kW)	V (V)	I (A)	Pole	n (rpm)
Hydropore	15.5	400	28.5	4	1500
Steering Gear	48	400	85	4	1500
Ballast Pump	15.5	400	28.5	4	1500
Windlass	42	400	73	4	1500
Bow Thruster	736	400	1345	4	1500

4.3 Kondisi Pembebanan Motor - Motor Listrik Pada Saat *Sailing*

Pada saat kapal dalam kondisi *sailing* beban listrik disuplai oleh dua unit generator dengan daya masing – masing sebesar 800 kW dan satu unit transformator dengan daya 2400 kVA. Pada saat kapal dalam kondisi *sailing* beban tertinggi ada pada steering gear, sea water cooling pump dan fresh water cooling pump dengan masing – masing daya 48 kW, 48 kW dan 38 kW. Berikut gambar *single line diagram* kondisi *sailing* yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Single Line Diagram* Kondisi *Sailing*

4.3.1 Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Sailing*

Data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Sesuai Data Lapangan (Kondisi *Sailing*)

No.	Nama Peralatan	P (kW)	I _{data} (A)	Cos ϕ	V _s (V)	V _r (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
2	Fan Engine Room (PS After)	24.2	39	0.8	400	448.35	Over	-48.35	-12.09	Tidak
3	Fan Engine Room (SB Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
4	Fan Engine Room (SB After)	24.2	40	0.8	400	437.14	Over	-37.14	-9.28	Tidak
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	16.5	32	0.8	400	372.56	Drop	27.44	6.86	Tidak
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	16.5	34	0.8	400	350.65	Drop	49.35	12.34	Tidak
7	Fan Separator Room (Supply)	7.5	9.3	0.8	400	582.70	Over	-182.70	-45.67	Tidak
8	Fan Separator Room (Exhaust)	7.5	9.2	0.8	400	589.03	Over	-189.03	-47.26	Tidak
9	Fan Compressor Room (Supply)	11	18	0.8	400	441.55	Over	-41.55	-10.39	Tidak
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	11	18.5	0.8	400	429.62	Over	-29.62	-7.41	Tidak
11	Fan Steering Gear Room	2.5	5.1	0.8	400	354.19	Drop	45.81	11.45	Tidak
12	MDO Transfer Pump	5.5	10.9	0.8	400	364.59	Drop	35.41	8.85	Tidak
13	MDO Booster Pump	1.1	2.65	0.8	400	299.92	Drop	100.08	25.02	Tidak
14	LO Pump	1.5	3.45	0.8	400	314.15	Drop	85.85	21.46	Tidak
15	CO FW Pump	48	92	0.8	400	376.98	Drop	23.02	5.76	Tidak
16	CO SW Pump	38	75	0.8	400	366.09	Drop	33.91	8.48	Tidak
17	Hydropore	15.5	20	0.8	400	559.97	Over	-159.97	-39.99	Tidak
18	Steering Gear	48	85	0.8	400	408.02	Over	-8.02	-2.01	Toleransi

Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *sailing* sesuai dengan tabel 4.2 adalah 326,9 kW dan nilai cos ϕ didapatkan dari asumsi kondisi generator. Dari hasil perhitungan didapatkan data pada tabel 4.2, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5%. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban Fan Auxiliary Engine Room (PS) 6,86%; Fan Auxiliary Engine Room (SB) 12,34%; Fan Steering Gear Room 11,45%; MDO Transfer Pump 8,85%; MDO Booster Pump 25,02%; LO Pump 21,46%;

CO FW Pump 5,76% dan CO SW Pump 8,48%. Tegangan jatuh terbesar terjadi pada MDO Booster Pump sebesar 25,02%, dengan tegangan sumber dari generator sebesar 400 V. Dalam hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban, tegangan jatuh pada tiap titik beban pada kondisi *sailing* bisa terjadi oleh berbagai macam penyebab seperti turunnya sumber tegangan dari generator, ketidak seimbangan beban, faktor *starting motor* yang terjadi pada tiap titik beban motor listrik, kesalahan dalam pemilihan kabel distribusi dan kondisi umur peralatan beserta perawatannya serta juga bisa dapat terjadi karena kesalahan teknis saat pengambilan data yang menyebabkan kurang telitian dalam perhitungan.

Contoh perhitungan tegangan jatuh pada kondisi *sailing* adalah sebagai berikut :

- Pada beban MDO Booster Pump

Data yang diperoleh : $I_{data} = 2,65 \text{ A}$; $P = 1,1 \text{ kW}$; $V_s = 400 \text{ V}$

- Mencari nilai V_r

$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

$$V_r = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \phi}$$

$$V_r = \frac{1100}{\sqrt{3} \cdot 2,65 \cdot 0,8}$$

$$V_r = \mathbf{299,92 \text{ V}}$$

- Mencari nilai ΔV

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$\Delta V = 400 \text{ V} - 299,92 \text{ V}$$

$$\Delta V = \mathbf{100,08 \text{ V}}$$

- Mencari nilai $\Delta V (\%)$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100 \%$$

$$\Delta V(\%) = \frac{100,8}{400} \times 100 \%$$

$$\Delta V = 25,02 \%$$

4.3.2 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Sailing*

Data yang diperoleh dari spesifikasi teknis sistem distribusi listrik di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data hasil simulasi melalui *software* ETAP seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* (Kondisi *Sailing*)

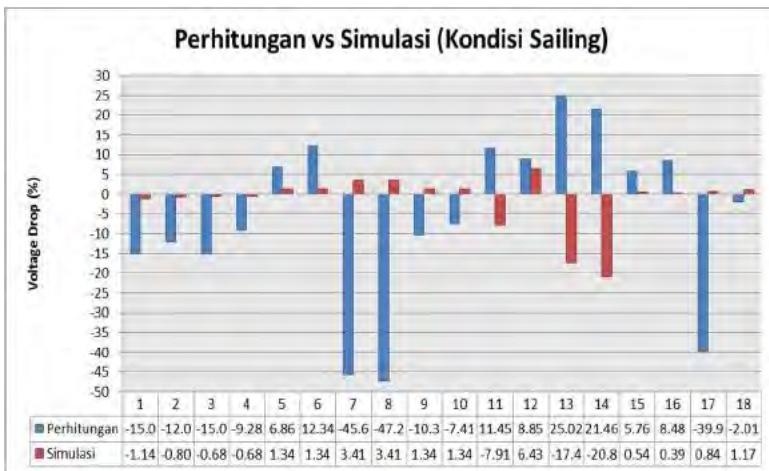
No.	Nama Peralatan	P (kW)	Q (kVAr)	I (A)	Cos ϕ	Vs (V)	Vr (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	31	15	49.60	0.893	400	404.56	Over	-4.56	-1.14	Toleransi
2	Fan Engine Room (PS After)	27	17	46.30	0.836	400	403.21	Over	-3.21	-0.80	Toleransi
3	Fan Engine Room (SB Fore)	27	17	46.30	0.837	400	402.73	Over	-2.73	-0.68	Toleransi
4	Fan Engine Room (SB After)	27	17	46.30	0.837	400	402.73	Over	-2.73	-0.68	Toleransi
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	18	12	31.50	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	18	12	31.50	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
7	Fan Separator Room (Supply)	8	5	14.30	0.837	400	386.35	Drop	13.65	3.41	Toleransi
8	Fan Separator Room (Exhaust)	8	5	14.30	0.837	400	386.35	Drop	13.65	3.41	Toleransi
9	Fan Compressor Room (Supply)	12	8	21.00	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	12	8	21.00	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
11	Fan Steering Gear Room	3	2	4.80	0.837	400	431.63	Over	-31.63	-7.91	Tidak
12	MDO Transfer Pump	7	4	12.60	0.858	400	374.28	Drop	25.72	6.43	Tidak
13	MDO Booster Pump	2	1	3.00	0.820	400	469.95	Over	-69.95	-17.49	Tidak
14	LO Pump	2	0.99	2.80	0.854	400	483.5	Over	-83.5	-20.87	Tidak
15	CO FW Pump	53	35	92.00	0.837	400	397.85	Drop	2.15	0.54	Toleransi
16	CO SW Pump	42	27	72.80	0.837	400	398.42	Drop	1.58	0.39	Toleransi
17	Hydropore	17	11	29.60	0.837	400	396.63	Drop	3.37	0.84	Toleransi
18	Steering Gear	50	27	82.70	0.884	400	395.34	Drop	4.66	1.17	Toleransi

Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *sailing* sesuai dengan tabel 4.3 adalah 364 kW. Dari hasil simulasi didapatkan data pada tabel 4.3, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5% dan juga tegangan jatuh yang masih dapat ditoleransi oleh standar IEC. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban

MDO Transfer Pump 6,43%. Tegangan jatuh juga terjadi pada beberapa titik beban namun masih dalam toleransi standar IEC yaitu pada beban Fan Auxilary Engine Room (PS) 1,34%; Fan Auxilary Engine Room (SB) 1,34%; Fan Separator Room (Supply) 3,41%; Fan Separator Room (Exhaust) 3,41%; Fan Compressor Room (Supply) 1,34%; Fan Compressor Room (Exhaust) 1,34%; CO FW Pump 0,54%; CO SW Pump 0,39%; Hydropore 0,84% dan Steering Gear 1,17%. Hasil simulasi *load flow analysis* menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban dengan ketelitian perhitungan yang lebih tinggi. Dalam simulasi *load flow analysis* diambil beberapa data penunjang untuk mengetahui adanya tegangan jatuh pada tiap titik beban yaitu nilai P (daya aktif), Q (daya reaktif), Arus dan faktor daya ($\cos \phi$). Sehingga diketahui V_r untuk dapat diketahui nilai tegangan jatuh dalam satuan persen (%).

4.3.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi *Load Flow Analysis* Pada Kondisi *Sailing*

Perbandingan hasil perhitungan tegangan jatuh didapatkan dari data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian yang ada pada tabel 4.2 dan hasil simulasi *load flow analysis* sesuai pada tabel 4.3. Perbandingan hasil perolehan prosentase tegangan jatuh ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai tegangan jatuh yang dihitung secara manual dan dengan menggunakan simulasi *software* mengalami perbedaan yang signifikan, juga agar dapat sebagai acuan dalam memilih metode secara perhitungan atau dengan cara melakukan simulasi pada *software* ETAP. Berikut hasil perbandingan antara perhitungan dan simulasi pada grafik 4.1 serta tabel prosentase nilai *error* pada tabel 4.4.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi
(Kondisi *Sailing*)

Tabel 4.4 Nilai *Error* Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi *Sailing*)

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	-60.15	-4.56	55.59
2	Fan Engine Room (PS After)	-48.35	-3.21	45.14
3	Fan Engine Room (SB Fore)	-60.15	-2.73	57.42
4	Fan Engine Room (SB After)	-37.14	-2.73	34.41
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	27.44	5.37	22.07
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	49.35	5.37	43.98
7	Fan Separator Room (Supply)	-182.70	13.65	196.34
8	Fan Separator Room (Exhaust)	-189.03	13.65	202.68
9	Fan Compressor Room (Supply)	-41.55	5.37	46.92
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	-29.62	5.37	34.99
11	Fan Steering Gear Room	45.81	-31.63	77.44

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
12	MDO Transfer Pump	35.41	25.72	9.69
13	MDO Booster Pump	100.08	-69.95	170.02
14	LO Pump	85.85	-83.47	169.32
15	CO FW Pump	23.02	2.15	20.87
16	CO SW Pump	33.91	1.58	32.34
17	Hydropore	-159.97	3.37	163.34
18	Steering Gear	-8.02	4.66	12.69

Total nilai *error* yang didapatkan dari kondisi *sailing*, berdasarkan nilai ΔV perhitungan dan nilai ΔV simulasi didapatkan nilai *error* yang berbeda pada setiap titik beban. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, pada tabel 4.4 kondisi *error* terbesar ada pada beban Fan Separator Room (Exhaust) 202,68% dengan nilai ΔV perhitungan = -189,03 dan ΔV simulasi = 13,65; Fan Separator Room (Supply) 196,34% dengan nilai ΔV perhitungan = -182,7 dan ΔV simulasi = 13,65; MDO Booster Pump 170,02% dengan nilai ΔV perhitungan = 100,08 dan ΔV simulasi = -69,95. Sedangkan nilai *error* terkecil pada beban MDO Transfer Pump 9,69% dengan nilai ΔV perhitungan = 35,41 dan ΔV simulasi = 25,72; CO FW Pump 20,87% dengan nilai ΔV perhitungan = 23,02 dan ΔV simulasi = 2,15 dan Fan Auxilary Engine Room (PS) 22,07% dengan nilai ΔV perhitungan = 27,44 dan ΔV simulasi = 5,37. Beberapa contoh nilai *error* terbesar didapatkan pada nilai ΔV perhitungan dikarenakan pada kondisi riil di lapangan terdapat beberapa faktor yang menjadikan nilai ΔV perhitungan memiliki nilai yang besar, karena adanya pengaruh *lifetime* / umur peralatan, kondisi koneksi antar kabel, kondisi baik buruknya kabel, kondisi kawat

dan juga adanya nilai reaktansi jenis dari panjang saluran yang tidak diamati nilainya pada kondisi riil di lapangan. Sedangkan pada kondisi simulasi tidak dipengaruhi oleh beberapa faktor pada kondisi riil di lapangan, ΔV simulasi memiliki nilai yang relatif kecil yang berbeda jauh dengan nilai dari ΔV perhitungan, karena pada simulasi tidak memasukkan nilai *lifetime*, kondisi kabel, kondisi koneksi antar kabel, nilai reaktansi jenis dari kabel yang digunakan secara riil di kapal dan *software* ETAP biasa digunakan sebagai *software* tegangan tinggi sedangkan di kapal hanya tegangan rendah. Namun untuk perencanaan instalasi listrik bangunan baru menggunakan *software* ETAP sangat direkomendasikan karena perhitungannya lebih akurat. Dari berbagai macam kondisi tersebut yang mempengaruhi perbedaan nilai *error* yang cukup signifikan pada ΔV perhitungan dan ΔV simulasi.

4.3.4 Hasil Simulasi *Motor Starting Analysis* Kondisi *Sailing*

Simulasi *motor starting analysis* bertujuan untuk mengetahui nilai arus, tegangan, daya dan faktor daya pada tiap titik beban motor listrik. Kondisi motor listrik saat *starting* diatur waktu simulasi selama 60 detik per titik beban motor listrik pada kapal saat dalam kondisi *sailing*. Dalam hal ini hasil perolehan data *motor starting analysis* diambil salah satu contoh pada titik beban motor listrik dengan kapasitas beban tertinggi pada tiap kondisi kapal yaitu pada Steering Gear seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kondisi Operasional Steering Gear

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.385	167.7	0.349	0.382	0.003	0.78
2	0.386	153.5	0.327	0.383	0.003	0.78

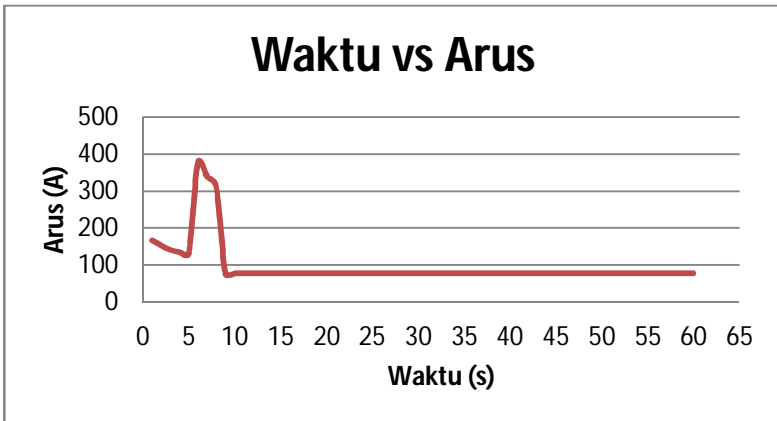
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
3	0.386	142.3	0.312	0.383	0.003	0.78
4	0.386	135.5	0.305	0.384	0.002	0.52
5	0.386	131.9	0.302	0.384	0.002	0.52
6	0.377	378.3	0.301	0.372	0.005	1.33
7	0.378	340.5	0.312	0.374	0.004	1.06
8	0.379	313.4	0.363	0.375	0.004	1.06
9	0.39	78	0.884	0.388	0.002	0.51
10	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
11	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
12	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
13	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
14	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
15	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
16	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
17	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
18	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
19	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
20	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
21	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
22	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
23	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
24	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
25	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
26	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
27	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
28	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
29	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
30	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
31	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
32	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
33	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
34	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
35	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
36	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
37	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
38	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
39	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
40	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
41	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
42	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
43	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
44	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
45	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
46	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
47	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
48	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
49	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
50	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
51	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
52	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
53	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
54	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
55	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
56	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51

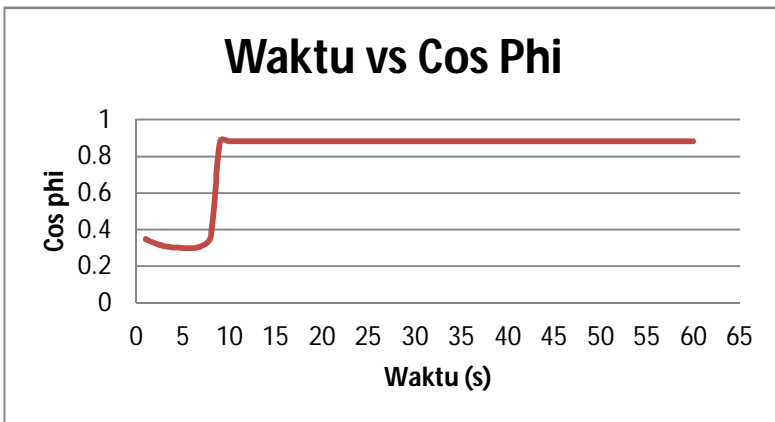
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
57	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
58	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
59	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51
60	0.39	78	0.883	0.388	0.002	0.51

Dari hasil simulasi *motor starting analysis* pada Steering Gear selama operasional 60 detik terjadi tegangan jatuh pada setiap detiknya, akan tetapi tegangan jatuh masih dapat ditoleransi oleh standar IEC dengan $\pm 5\%$ dan masih dapat ditoleransi oleh IEEE dengan kondisi tegangan jatuh tidak boleh melebihi 60 detik pertama kondisi operasional motor tersebut. Sedangkan pada detik ke 6, 7 dan 8 terdapat lonjakan arus *start* dan turunnya tegangan namun masih dapat ditoleransi. Terjadi perubahan kenaikan arus yang cukup signifikan pada detik ke 6 = 378,3 A, detik ke 7 = 340,5 A dan detik ke 8 = 313,4 A. Sedangkan pada kondisi besar tegangan jatuh pada detik ke 6, 7 dan 8 juga meningkat yaitu pada detik ke 6 = 1,33%, detik ke 7 = 1,06% dan detik ke 8 = 1,06%. Dari hasil data yang diperoleh dapat disimpulkan ketika arus naik nilai tegangan akan turun juga mempengaruhi nilai prosentase tegangan jatuh juga akan naik, jadi kondisi arus berbanding terbalik dengan tegangan. Kondisi tersebut diakibatkan karena perubahan kondisi rangkaian wye – delta. Namun kondisi tersebut masih dalam rekomendasi IEEE bahwa tegangan jatuh tidak boleh lebih dari 60 detik pertama pada kondisi operasional motor tersebut. Hasil dari simulasi pada tabel 4.5 dapat didapatkan gambar grafik karakteristik *starting*, arus *steady state*, cos ϕ , serta tegangan ditunjukkan pada gambar grafik 4.7, 4.8, 4.9 dan 4.10 dimana hasil gambar grafik tersebut

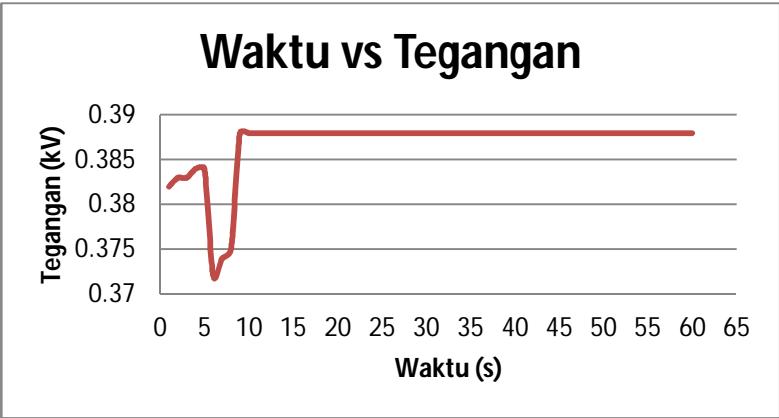
dapat menunjang analisa data yang diambil dari *software* ETAP dengan simulasi *motor starting analysis*.



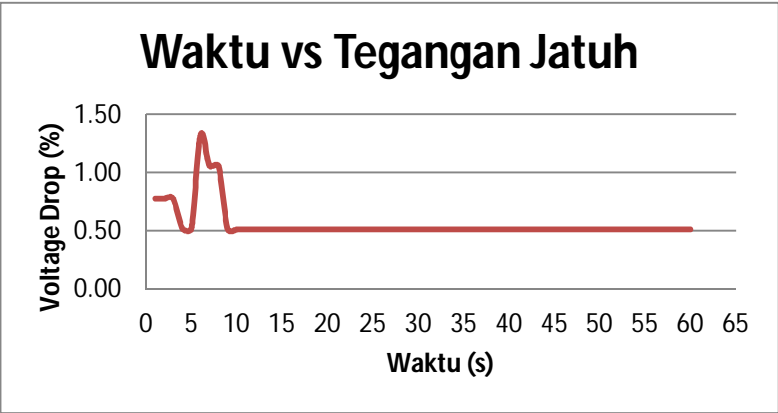
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi *Sailing*)



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi (Kondisi *Sailing*)



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan
(Kondisi *Sailing*)



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Jatuh
(Kondisi *Sailing*)

Gambar 4.11 *Single Line Diagram* Kondisi Loading Unloading

4.4.1 Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Loading Unloading*

Data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data seperti pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Sesuai Data Lapangan (Kondisi *Loading Unloading*)

No.	Nama Peralatan	P (kW)	I _{data} (A)	Cos ϕ	V _s (V)	V _r (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
2	Fan Engine Room (PS After)	24.2	39	0.8	400	448.35	Over	-48.35	-12.09	Tidak
3	Fan Engine Room (SB Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
4	Fan Engine Room (SB After)	24.2	40	0.8	400	437.14	Over	-37.14	-9.28	Tidak
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	16.5	32	0.8	400	372.56	Drop	27.44	6.86	Tidak
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	16.5	34	0.8	400	350.65	Drop	49.35	12.34	Tidak
7	Fan Separator Room (Supply)	7.5	9.3	0.8	400	582.70	Over	-182.70	-45.67	Tidak
8	Fan Separator Room (Exhaust)	7.5	9.2	0.8	400	589.03	Over	-189.03	-47.26	Tidak
9	Fan Compressor Room (Supply)	11	18	0.8	400	441.55	Over	-41.55	-10.39	Tidak
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	11	18.5	0.8	400	429.62	Over	-29.62	-7.41	Tidak
11	Fan Steering Gear Room	2.5	5.1	0.8	400	354.19	Drop	45.81	11.45	Tidak
12	MDO Transfer Pump	5.5	10.9	0.8	400	364.59	Drop	35.41	8.85	Tidak
13	MDO Booster Pump	1.1	2.65	0.8	400	299.92	Drop	100.08	25.02	Tidak
14	LO Pump	1.5	3.45	0.8	400	314.15	Drop	85.85	21.46	Tidak
15	CO FW Pump	48	92	0.8	400	376.98	Drop	23.02	5.76	Tidak
16	CO SW Pump	38	75	0.8	400	366.09	Drop	33.91	8.48	Tidak
17	Hydropore	15.5	20	0.8	400	559.97	Over	-159.97	-39.99	Tidak
18	Ballast Pump	15.5	31	0.8	400	361.27	Drop	38.73	9.68	Tidak

Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *loading unloading* sesuai dengan tabel 4.6 adalah 294,4 kW dan nilai cos ϕ didapatkan dari asumsi kondisi generator. Dari hasil perhitungan didapatkan data pada tabel 4.6, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5%. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban Fan Auxilary Engine Room (PS) 6,86%; Fan Auxilary Engine Room (SB) 12,34%; Fan Steering Gear Room 11,45%; MDO Transfer Pump 8,85%; MDO Booster Pump 25,02%; LO Pump 21,46%; CO FW Pump 5,76%; CO SW Pump 8,48% dan Ballast

Pump 9,68%. Tegangan jatuh terbesar terjadi pada MDO Booster Pump sebesar 25,02%, dengan tegangan sumber dari generator sebesar 400 V. Dalam hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban, tegangan jatuh pada tiap titik beban pada kondisi *loading unloading* bisa terjadi oleh berbagai macam penyebab seperti turunnya sumber tegangan dari generator, ketidak seimbangan beban, faktor *starting motor* yang terjadi pada tiap titik beban motor listrik, kesalahan dalam pemilihan kabel distribusi dan kondisi umur peralatan beserta perawatannya serta juga bisa dapat terjadi karena kesalahan teknis saat pengambilan data yang menyebabkan kurang telitian dalam perhitungan.

Contoh perhitungan tegangan jatuh pada kondisi *loading unloading* adalah sebagai berikut :

- Pada beban Ballast Pump

Data yang diperoleh : $I_{data} = 28,5 \text{ A}$; $P = 15,5 \text{ kW}$; $V_s = 400 \text{ V}$

- Mencari nilai V_r

$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

$$V_r = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \phi}$$

$$V_r = \frac{15500}{\sqrt{3} \cdot 28,5 \cdot 0,8}$$

$$V_r = \mathbf{361,27 \text{ V}}$$

- Mencari nilai ΔV

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$\Delta V = 400 \text{ V} - 361,27 \text{ V}$$

$$\Delta V = \mathbf{38,73 \text{ V}}$$

- Mencari nilai $\Delta V (\%)$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}\Delta V(\%) &= \frac{38,73}{400} \times 100 \% \\ \Delta V &= 9,68 \%\end{aligned}$$

4.4.2 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Loading Unloading*

Didapatkan data hasil simulasi melalui *software* ETAP seperti pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* (Kondisi *Loading Unloading*)

No.	Nama Peralatan	P (kW)	Q (kVAr)	I (A)	Cos ϕ	Vs (V)	Vr (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	31	15	49.60	0.893	400	404.56	Over	-4.56	-1.14	Toleransi
2	Fan Engine Room (PS After)	27	17	46.30	0.836	400	403.21	Over	-3.21	-0.80	Toleransi
3	Fan Engine Room (SB Fore)	27	17	46.20	0.837	400	403.60	Over	-3.60	-0.90	Toleransi
4	Fan Engine Room (SB After)	27	17	46.20	0.837	400	403.60	Over	-3.60	-0.90	Toleransi
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	18	12	31.50	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	18	12	31.50	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
7	Fan Separator Room (Supply)	8	5	14.30	0.837	400	386.35	Drop	13.65	3.41	Toleransi
8	Fan Separator Room (Exhaust)	8	5	14.30	0.837	400	386.35	Drop	13.65	3.41	Toleransi
9	Fan Compressor Room (Supply)	12	8	21.00	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	12	8	21.00	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
11	Fan Steering Gear Room	3	2	4.80	0.837	400	431.63	Over	-31.63	-7.91	Tidak
12	MDO Transfer Pump	7	4	12.50	0.858	400	377.27	Drop	22.73	5.68	Tidak
13	MDO Booster Pump	2	1	3.00	0.820	400	469.95	Over	-69.95	-17.49	Tidak
14	LO Pump	2	0.99	2.80	0.854	400	483.47	Over	-83.47	-20.87	Tidak
15	CO FW Pump	53	35	91.90	0.837	400	398.28	Drop	1.72	0.43	Toleransi
16	CO SW Pump	42	27	72.80	0.837	400	398.42	Drop	1.58	0.39	Toleransi
17	Hydropore	17	11	29.60	0.837	400	396.63	Drop	3.37	0.84	Toleransi
18	Ballast Pump	17	11	29.60	0.837	400	396.63	Drop	3.37	0.84	Toleransi

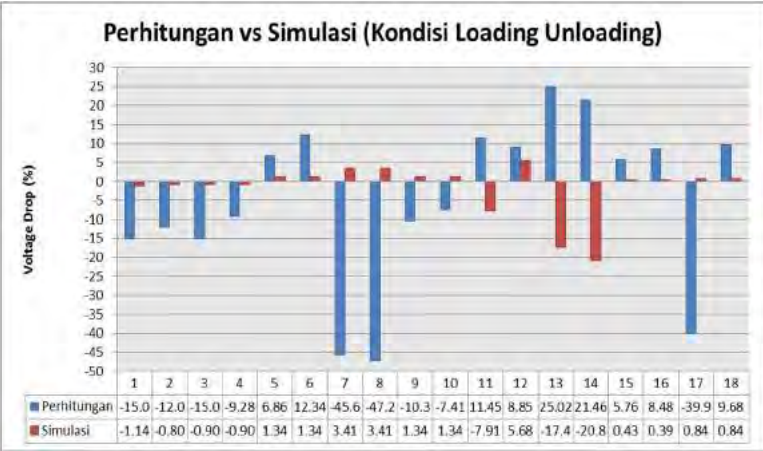
Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *loading unloading* sesuai dengan tabel 4.7 adalah 331 kW. Dari hasil simulasi didapatkan data pada tabel 4.7, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5% dan juga tegangan jatuh yang masih dapat ditoleransi oleh standar IEC. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban MDO Transfer Pump 5,68%. Tegangan

jatuh juga terjadi pada beberapa titik beban namun masih dalam toleransi standar IEC yaitu pada beban Fan Auxilary Engine Room (PS) 1,34%; Fan Auxilary Engine Room (SB) 1,34%; Fan Separator Room (Supply) 3,41%; Fan Separator Room (Exhaust) 3,41%; Fan Compressor Room (Supply) 1,34%; Fan Compressor Room (Exhaust) 1,34%; CO FW Pump 0,43%; CO SW Pump 0,39%; Hydropore 0,84% dan Ballast Pump 0,84%. Hasil simulasi *load flow analysis* menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban dengan ketelitian perhitungan yang lebih tinggi. Dalam simulasi *load flow analysis* diambil beberapa data penunjang untuk mengetahui adanya tegangan jatuh pada tiap titik beban yaitu nilai P (daya aktif), Q (daya reaktif), Arus dan faktor daya ($\cos \phi$). Sehingga diketahui V_r untuk dapat diketahui nilai tegangan jatuh dalam satuan persen (%).

4.4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi *Load Flow Analysis* Pada Kondisi *Loading Unloading*

Perbandingan hasil perhitungan tegangan jatuh didapatkan dari data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian yang ada pada tabel 4.6 dan hasil simulasi *load flow analysis* sesuai pada tabel 4.7. Perbandingan hasil perolehan prosentase tegangan jatuh ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai tegangan jatuh yang dihitung secara manual dan dengan menggunakan simulasi *software* mengalami perbedaan yang signifikan, juga agar dapat sebagai acuan dalam memilih metode secara perhitungan atau dengan cara melakukan simulasi pada *software* ETAP. Berikut

hasil perbandingan antara perhitungan dan simulasi pada gambar grafik 4.12 serta tabel prosentase nilai *error* pada tabel 4.8.



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi (Kondisi *Loading Unloading*)

Tabel 4.8 Nilai *Error* Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi *Loading Unloading*)

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	-60.15	-4.56	55.59
2	Fan Engine Room (PS After)	-48.35	-3.21	45.14
3	Fan Engine Room (SB Fore)	-60.15	-3.60	56.55
4	Fan Engine Room (SB After)	-37.14	-3.60	33.54
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	27.44	5.37	22.07
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	49.35	5.37	43.98
7	Fan Separator Room (Supply)	-182.70	13.65	196.34
8	Fan Separator Room (Exhaust)	-189.03	13.65	202.68

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
9	Fan Compressor Room (Supply)	-41.55	5.37	46.92
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	-29.62	5.37	34.99
11	Fan Steering Gear Room	45.81	-31.63	77.44
12	MDO Transfer Pump	35.41	22.73	12.69
13	MDO Booster Pump	100.08	-69.95	170.02
14	LO Pump	85.85	-83.47	169.32
15	CO FW Pump	23.02	1.72	21.30
16	CO SW Pump	33.91	1.58	32.34
17	Hydropore	-159.97	3.37	163.34
18	Ballast Pump	38.73	3.37	35.36

Total nilai *error* yang didapatkan dari kondisi *loading unloading*, berdasarkan nilai ΔV perhitungan dan nilai ΔV simulasi didapatkan nilai *error* yang berbeda pada setiap titik beban. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, pada tabel 4.8 kondisi *error* terbesar ada pada beban Fan Separator Room (Exhaust) 202,68% dengan nilai ΔV perhitungan = -189,03 dan ΔV simulasi = 13,65; Fan Separator Room (Supply) 196,34% dengan nilai ΔV perhitungan = -182,7 dan ΔV simulasi = 13,65; MDO Booster Pump 170,02% dengan nilai ΔV perhitungan = 100,08 dan ΔV simulasi = -69,95. Sedangkan nilai *error* terkecil pada beban MDO Transfer Pump 12,69% dengan nilai ΔV perhitungan = 35,41 dan ΔV simulasi = 22,73; CO FW Pump 21,30% dengan nilai ΔV perhitungan = 23,02 dan ΔV simulasi = 1,72 dan Fan Auxiliary Engine Room (PS) 22,07% dengan nilai ΔV perhitungan = 27,44 dan ΔV simulasi = 5,37. Beberapa contoh nilai *error* terbesar didapatkan pada nilai ΔV perhitungan dikarenakan pada kondisi riil di lapangan terdapat

beberapa faktor yang menjadikan nilai ΔV perhitungan memiliki nilai yang besar, karena adanya pengaruh *lifetime* / umur peralatan, kondisi koneksi antar kabel, kondisi baik buruknya kabel, kondisi kawat dan juga adanya nilai reaktansi jenis dari panjang saluran yang tidak diamati nilainya pada kondisi riil di lapangan. Sedangkan pada kondisi simulasi tidak dipengaruhi oleh beberapa faktor pada kondisi riil di lapangan, ΔV simulasi memiliki nilai yang relatif kecil yang berbeda jauh dengan nilai dari ΔV perhitungan, karena pada simulasi tidak memasukkan nilai *lifetime*, kondisi kabel, kondisi koneksi antar kabel, nilai reaktansi jenis dari kabel yang digunakan secara riil di kapal dan *software* ETAP biasa digunakan sebagai *software* tegangan tinggi sedangkan di kapal hanya tegangan rendah. Namun untuk perencanaan instalasi listrik bangunan baru menggunakan *software* ETAP sangat direkomendasikan karena perhitungannya lebih akurat. Dari berbagai macam kondisi tersebut yang mempengaruhi perbedaan nilai *error* yang cukup signifikan pada ΔV perhitungan dan ΔV simulasi.

4.4.4 Hasil Simulasi Motor Starting Analysis Kondisi Loading Unloading

Simulasi *motor starting analysis* bertujuan untuk mengetahui nilai arus, tegangan, daya dan faktor daya pada tiap titik beban motor listrik. Kondisi motor listrik saat *starting* diatur waktu simulasi selama 60 detik per titik beban motor listrik pada kapal saat dalam kondisi *loading unloading*. Dalam hal ini hasil perolehan data *motor starting analysis* diambil salah satu contoh pada titik beban motor listrik dengan kapasitas beban tertinggi pada tiap kondisi kapal yaitu pada Ballast Pump seperti pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kondisi Operasional Ballast Pump

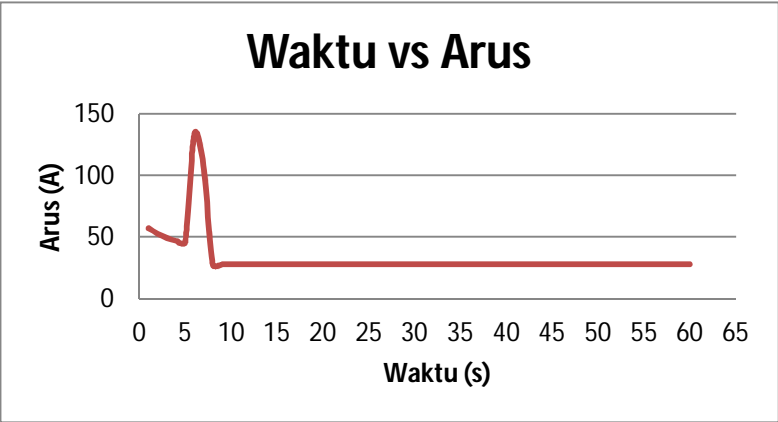
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.39	57.3	0.561	0.389	0.001	0.26
2	0.39	52.9	0.529	0.389	0.001	0.26
3	0.391	49.4	0.507	0.389	0.002	0.51
4	0.391	47.1	0.496	0.389	0.002	0.51
5	0.391	45.9	0.493	0.389	0.002	0.51
6	0.387	134.2	0.492	0.385	0.002	0.52
7	0.389	108.1	0.577	0.386	0.003	0.77
8	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
9	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
10	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
11	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
12	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
13	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
14	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
15	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
16	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
17	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
18	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
19	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
20	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
21	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
22	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
23	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
24	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
25	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
26	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
27	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
28	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
29	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
30	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
31	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
32	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
33	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
34	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
35	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
36	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
37	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
38	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
39	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
40	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
41	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
42	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
43	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
44	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
45	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
46	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
47	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
48	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
49	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
50	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
51	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
52	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
53	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51

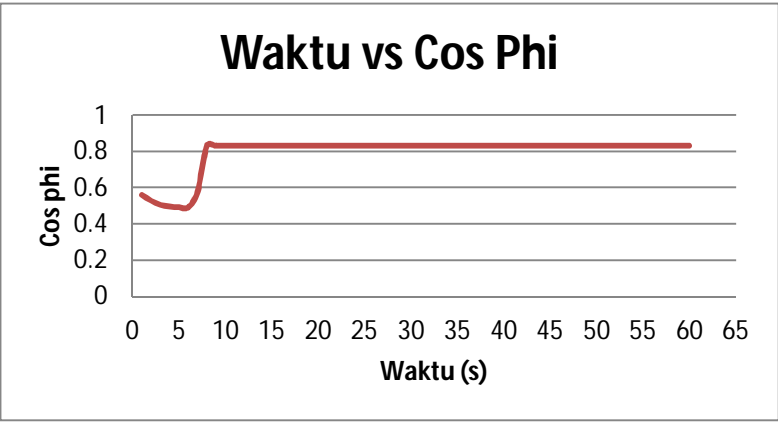
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
54	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
55	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
56	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
57	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
58	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
59	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51
60	0.392	27.8	0.832	0.39	0.002	0.51

Dari hasil simulasi *motor starting analysis* pada Ballast Pump selama operasional 60 detik terjadi tegangan jatuh pada setiap detiknya, akan tetapi tegangan jatuh masih dapat ditoleransi oleh standar IEC dengan $\pm 5\%$ dan masih dapat ditoleransi oleh IEEE dengan kondisi tegangan jatuh tidak boleh melebihi 60 detik pertama kondisi operasional motor tersebut. Sedangkan pada detik ke 6 dan 7 terdapat lonjakan arus *start* dan turunnya tegangan namun masih dapat ditoleransi. Terjadi perubahan kenaikan arus yang cukup signifikan pada detik ke 6 = 134,2 A dan detik ke 7 = 108,1 A. Sedangkan pada kondisi besar tegangan jatuh pada detik ke 6 dan 7 juga meningkat yaitu pada detik ke 6 = 0,52% dan detik ke 7 = 0,77%. Dari hasil data yang diperoleh dapat disimpulkan ketika arus naik nilai tegangan akan turun juga mempengaruhi nilai prosentase tegangan jatuh juga akan naik, jadi kondisi arus berbanding terbalik dengan tegangan. Kondisi tersebut diakibatkan karena perubahan kondisi rangkaian wye – delta. Namun kondisi tersebut masih dalam rekomendasi IEEE bahwa tegangan jatuh tidak boleh lebih dari 60 detik pertama pada kondisi operasional motor tersebut. Hasil dari simulasi pada tabel 4.9 dapat didapatkan gambar grafik karakteristik *starting*,

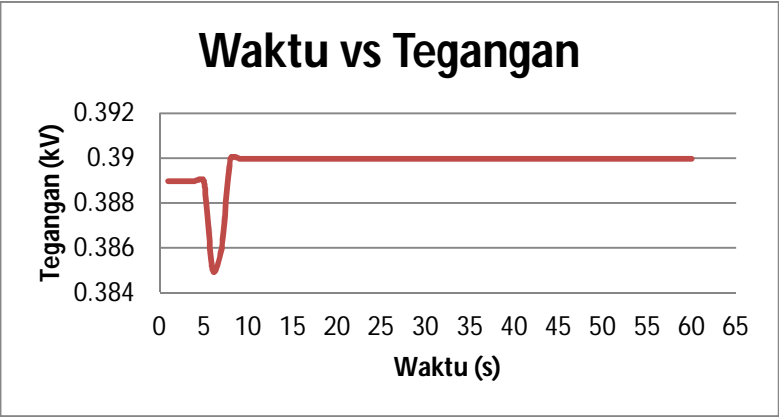
arus *steady state*, $\cos \varphi$, serta tegangan ditunjukkan pada gambar grafik 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16 dimana hasil gambar grafik tersebut dapat menunjang analisa data yang diambil dari *software* ETAP dengan simulasi *motor starting analysis*.



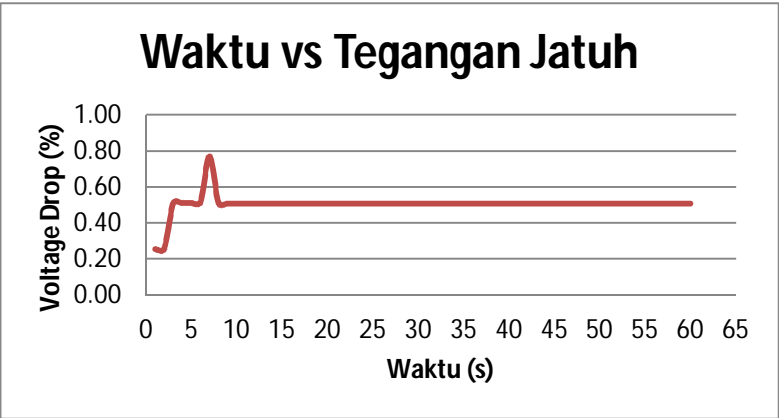
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi *Loading Unloading*)



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi (Kondisi *Loading Unloading*)



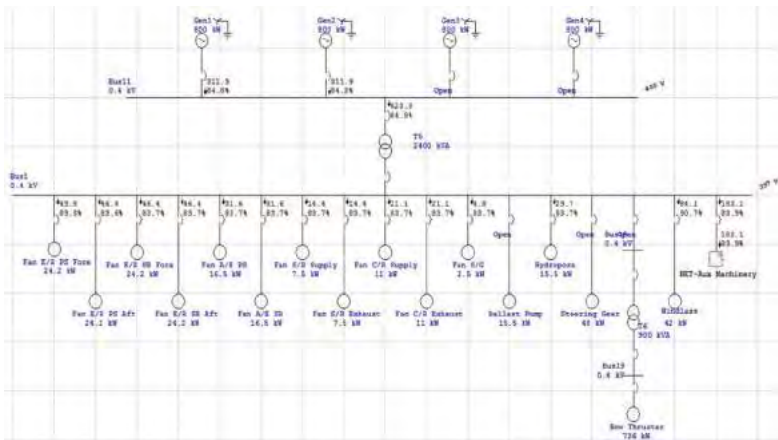
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi *Loading Unloading*)



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Jatuh (Kondisi *Loading Unloading*)

4.5 Kondisi Pembebanan Motor - Motor Listrik Pada Saat *Anchoring*

Pada saat kapal dalam kondisi *anchoring* beban listrik disuplai oleh dua unit generator dengan daya masing – masing sebesar 800 kW dan satu unit transformator dengan daya 2400 kVA. Pada saat kapal dalam kondisi *anchoring* beban tertinggi ada pada windlass, sea water cooling pump dan fresh water cooling pump dengan masing – masing daya 42 kW, 48 kW dan 38 kW. Berikut gambar *single line diagram* kondisi *anchoring* yang ditunjukkan pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 *Single Line Diagram* Kondisi *Anchoring*

4.5.1 Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Anchoring*

Data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data seperti pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sesuai Data Lapangan (Kondisi *Anchoring*)

No.	Nama Peralatan	P (kW)	I _{data} (A)	Cos ϕ	V _s (V)	V _r (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
2	Fan Engine Room (PS After)	24.2	39	0.8	400	448.35	Over	-48.35	-12.09	Tidak
3	Fan Engine Room (SB Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
4	Fan Engine Room (SB After)	24.2	40	0.8	400	437.14	Over	-37.14	-9.28	Tidak
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	16.5	32	0.8	400	372.56	Drop	27.44	6.86	Tidak
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	16.5	34	0.8	400	350.65	Drop	49.35	12.34	Tidak
7	Fan Separator Room (Supply)	7.5	9.3	0.8	400	582.70	Over	-182.70	-45.67	Tidak
8	Fan Separator Room (Exhaust)	7.5	9.2	0.8	400	589.03	Over	-189.03	-47.26	Tidak
9	Fan Compressor Room (Supply)	11	18	0.8	400	441.55	Over	-41.55	-10.39	Tidak
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	11	18.5	0.8	400	429.62	Over	-29.62	-7.41	Tidak
11	Fan Steering Gear Room	2.5	5.1	0.8	400	354.19	Drop	45.81	11.45	Tidak
12	MDO Transfer Pump	5.5	10.9	0.8	400	364.59	Drop	35.41	8.85	Tidak
13	MDO Booster Pump	1.1	2.65	0.8	400	299.92	Drop	100.08	25.02	Tidak
14	LO Pump	1.5	3.45	0.8	400	314.15	Drop	85.85	21.46	Tidak
15	CO FW Pump	48	92	0.8	400	376.98	Drop	23.02	5.76	Tidak
16	CO SW Pump	38	75	0.8	400	366.09	Drop	33.91	8.48	Tidak
17	Hydropore	15.5	20	0.8	400	559.97	Over	-159.97	-39.99	Tidak
18	Windlass	42	73	0.8	400	418.58	Over	-18.58	-4.64	Toleransi

Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *anchoring* sesuai dengan tabel 4.10 adalah 320,9 kW dan nilai cos ϕ didapatkan dari asumsi kondisi generator. Dari hasil perhitungan didapatkan data pada tabel 4.10, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5%. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban Fan Auxiliary Engine Room (PS) 6,86%; Fan Auxiliary Engine Room (SB) 12,34%; Fan Steering Gear Room 11,45%; MDO Transfer Pump 8,85%; MDO Booster Pump 25,02%; LO Pump 21,46%; CO FW Pump 5,76% dan CO SW Pump 8,48%. Tegangan jatuh terbesar terjadi pada MDO Booster Pump sebesar 25,02%, dengan tegangan sumber dari generator sebesar 400 V. Dalam hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban, tegangan jatuh pada tiap titik beban

pada kondisi *anchoring* bisa terjadi oleh berbagai macam penyebab seperti turunnya sumber tegangan dari generator, ketidak seimbangan beban, faktor *starting motor* yang terjadi pada tiap titik beban motor listrik, kesalahan dalam pemilihan kabel distribusi dan kondisi umur peralatan beserta perawatannya serta juga bisa dapat terjadi karena kesalahan teknis saat pengambilan data yang menyebabkan kurang telitian dalam perhitungan.

Contoh perhitungan tegangan jatuh pada kondisi *anchoring* adalah sebagai berikut :

- Pada beban LO Pump

Data yang diperoleh : $I_{\text{data}} = 3,45 \text{ A}$; $P = 1,5 \text{ kW}$; $V_s = 400 \text{ V}$

- Mencari nilai V_r

$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

$$V_r = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \phi}$$

$$V_r = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 3,45 \cdot 0,8}$$

$$V_r = \mathbf{314,15 \text{ V}}$$

- Mencari nilai ΔV

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$\Delta V = 400 \text{ V} - 314,15 \text{ V}$$

$$\Delta V = \mathbf{85,85 \text{ V}}$$

- Mencari nilai $\Delta V (\%)$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100 \%$$

$$\Delta V(\%) = \frac{85,85}{400} \times 100 \%$$

$$\Delta V = \mathbf{21,46 \%}$$

4.5.2 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Anchoring*

Data yang diperoleh dari spesifikasi teknis sistem distribusi listrik di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data hasil simulasi melalui *software* ETAP seperti pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* (Kondisi *Anchoring*)

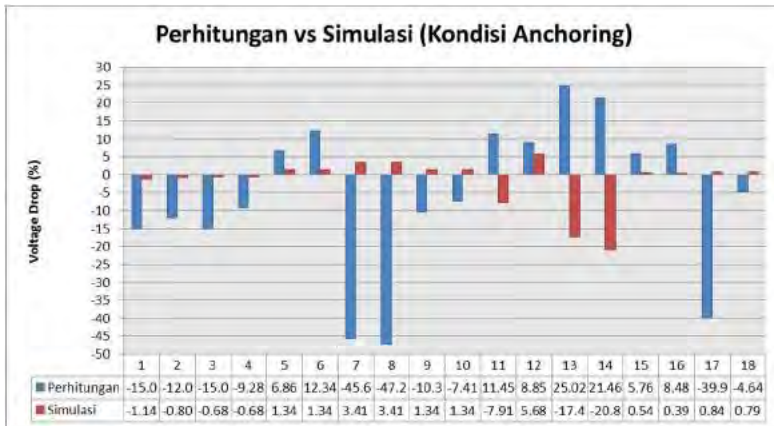
No.	Nama Peralatan	P (kW)	Q (kVAr)	I (A)	Cos ϕ	Vs (V)	Vr (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	31	15	49.60	0.893	400	404.56	Over	-4.56	-1.14	Toleransi
2	Fan Engine Room (PS After)	27	17	46.30	0.836	400	403.21	Over	-3.21	-0.80	Toleransi
3	Fan Engine Room (SB Fore)	27	17	46.30	0.837	400	402.73	Over	-2.73	-0.68	Toleransi
4	Fan Engine Room (SB After)	27	17	46.30	0.837	400	402.73	Over	-2.73	-0.68	Toleransi
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	18	12	31.50	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	18	12	31.50	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
7	Fan Separator Room (Supply)	8	5	14.30	0.837	400	386.35	Drop	13.65	3.41	Toleransi
8	Fan Separator Room (Exhaust)	8	5	14.30	0.837	400	386.35	Drop	13.65	3.41	Toleransi
9	Fan Compressor Room (Supply)	12	8	21	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	12	8	21	0.837	400	394.63	Drop	5.37	1.34	Toleransi
11	Fan Steering Gear Room	3	2	4.80	0.837	400	431.63	Over	-31.63	-7.91	Tidak
12	MDO Transfer Pump	7	4	12.50	0.858	400	377.27	Drop	22.73	5.68	Tidak
13	MDO Booster Pump	2	1	3.00	0.820	400	469.95	Over	-69.95	-17.49	Tidak
14	LO Pump	2	0.99	2.80	0.854	400	483.47	Over	-83.47	-20.87	Tidak
15	CO FW Pump	53	35	92.00	0.837	400	397.85	Drop	2.15	0.54	Toleransi
16	CO SW Pump	42	27	72.80	0.837	400	398.42	Drop	1.58	0.39	Toleransi
17	Hydropore	17	11	29.60	0.837	400	396.63	Drop	3.37	0.84	Toleransi
18	Windlass	44	23	72.50	0.884	400	396.84	Drop	3.16	0.79	Toleransi

Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *anchoring* sesuai dengan tabel 4.11 adalah 358 kW. Dari hasil simulasi didapatkan data pada tabel 4.11, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5% dan juga tegangan jatuh yang masih dapat ditoleransi oleh standar IEC. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban MDO Transfer Pump 5,68%. Tegangan jatuh juga terjadi pada beberapa titik beban namun masih dalam toleransi standar IEC yaitu pada beban Fan Auxiliary Engine Room (PS) 1,34%; Fan

Auxiliary Engine Room (SB) 1,34%; Fan Separator Room (Supply) 3,41%; Fan Separator Room (Exhaust) 3,41%; Fan Compressor Room (Supply) 1,34%; Fan Compressor Room (Exhaust) 1,34%; CO FW Pump 0,54%; CO SW Pump 0,39%; Hydropore 0,84% dan Windlass 0,79%. Hasil simulasi *load flow analysis* menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban dengan ketelitian perhitungan yang lebih tinggi. Dalam simulasi *load flow analysis* diambil beberapa data penunjang untuk mengetahui adanya tegangan jatuh pada tiap titik beban yaitu nilai P (daya aktif), Q (daya reaktif), Arus dan faktor daya ($\cos \phi$). Sehingga diketahui V_r untuk dapat diketahui nilai tegangan jatuh dalam satuan persen (%).

4.5.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi Load Flow Analysis Pada Kondisi Anchoring

Perbandingan hasil perhitungan tegangan jatuh didapatkan dari data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian yang ada pada tabel 4.10 dan hasil simulasi *load flow analysis* sesuai pada tabel 4.11. Perbandingan hasil perolehan prosentase tegangan jatuh ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai tegangan jatuh yang dihitung secara manual dan dengan menggunakan simulasi *software* mengalami perbedaan yang signifikan, juga agar dapat sebagai acuan dalam memilih metode secara perhitungan atau dengan cara melakukan simulasi pada *software* ETAP. Berikut hasil perbandingan antara perhitungan dan simulasi pada gambar grafik 4.18 serta tabel prosentase nilai *error* pada tabel 4.12.



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi
(Kondisi *Anchoring*)

Tabel 4.12 Nilai *Error* Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi *Anchoring*)

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	-60.15	-4.56	55.59
2	Fan Engine Room (PS After)	-48.35	-3.21	45.14
3	Fan Engine Room (SB Fore)	-60.15	-2.73	57.42
4	Fan Engine Room (SB After)	-37.14	-2.73	34.41
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	27.44	5.37	22.07
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	49.35	5.37	43.98
7	Fan Separator Room (Supply)	-182.70	13.65	196.34
8	Fan Separator Room (Exhaust)	-189.03	13.65	202.68
9	Fan Compressor Room (Supply)	-41.55	5.37	46.92
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	-29.62	5.37	34.99
11	Fan Steering Gear Room	45.81	-31.63	77.44
12	MDO Transfer Pump	35.41	22.73	12.69

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
13	MDO Booster Pump	100.08	-69.95	170.02
14	LO Pump	85.85	-83.47	169.32
15	CO FW Pump	23.02	2.15	20.87
16	CO SW Pump	33.91	1.58	32.34
17	Hydropore	-159.97	3.37	163.34
18	Windlass	-18.58	3.16	21.74

Total nilai *error* yang didapatkan dari kondisi *anchoring* berdasarkan nilai ΔV perhitungan dan nilai ΔV simulasi didapatkan nilai *error* yang berbeda pada setiap titik beban. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, pada tabel 4.12 kondisi *error* terbesar ada pada beban Fan Separator Room (Exhaust) 202,68% dengan nilai ΔV perhitungan = -189,03 dan ΔV simulasi = 13,65; Fan Separator Room (Supply) 196,34% dengan nilai ΔV perhitungan = -182,7 dan ΔV simulasi = 13,65; MDO Booster Pump 170,02% dengan nilai ΔV perhitungan = 100,08 dan ΔV simulasi = -69,95. Sedangkan nilai *error* terkecil pada beban MDO Transfer Pump 12,69% dengan nilai ΔV perhitungan = 35,41 dan ΔV simulasi = 22,73; CO FW Pump 20,87% dengan nilai ΔV perhitungan = 23,02 dan ΔV simulasi = 2,15 dan Fan Auxilary Engine Room (PS) 22,07% dengan nilai ΔV perhitungan = 27,44 dan ΔV simulasi = 5,37. Beberapa contoh nilai *error* terbesar didapatkan pada nilai ΔV perhitungan dikarenakan pada kondisi riil di lapangan terdapat beberapa faktor yang menjadikan nilai ΔV perhitungan memiliki nilai yang besar, karena adanya pengaruh *lifetime* / umur peralatan, kondisi koneksi antar kabel, kondisi baik buruknya kabel, kondisi kawat dan juga adanya nilai reaktansi jenis dari panjang saluran yang

tidak diamati nilainya pada kondisi riil di lapangan. Sedangkan pada kondisi simulasi tidak dipengaruhi oleh beberapa faktor pada kondisi riil di lapangan, ΔV simulasi memiliki nilai yang relatif kecil yang berbeda jauh dengan nilai dari ΔV perhitungan, karena pada simulasi tidak memasukkan nilai *lifetime*, kondisi kabel, kondisi koneksi antar kabel, nilai reaktansi jenis dari kabel yang digunakan secara riil di kapal dan *software* ETAP biasa digunakan sebagai *software* tegangan tinggi sedangkan di kapal hanya tegangan rendah. Namun untuk perencanaan instalasi listrik bangunan baru menggunakan *software* ETAP sangat direkomendasikan karena perhitungannya lebih akurat. Dari berbagai macam kondisi tersebut yang mempengaruhi perbedaan nilai *error* yang cukup signifikan pada ΔV perhitungan dan ΔV simulasi.

4.5.4 Hasil Simulasi *Motor Starting Analysis* Kondisi *Anchoring*

Simulasi *motor starting analysis* bertujuan untuk mengetahui nilai arus, tegangan, daya dan faktor daya pada tiap titik beban motor listrik. Kondisi motor listrik saat *starting* diatur waktu simulasi selama 60 detik per titik beban motor listrik pada kapal saat dalam kondisi *anchoring*. Dalam hal ini hasil perolehan data *motor starting analysis* diambil salah satu contoh pada titik beban motor listrik dengan kapasitas beban tertinggi pada tiap kondisi kapal yaitu pada Windlass seperti pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Kondisi Operasional Windlass

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.385	170.2	0.349	0.382	0.003	0.78
2	0.386	157.3	0.324	0.383	0.003	0.78

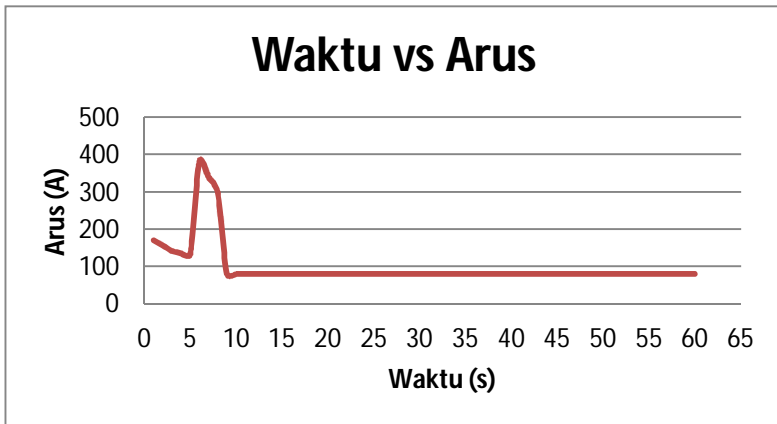
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
3	0.386	141.8	0.309	0.383	0.003	0.78
4	0.386	135.5	0.303	0.384	0.002	0.52
5	0.386	132.5	0.302	0.384	0.002	0.52
6	0.377	381.6	0.301	0.372	0.005	1.33
7	0.378	340.3	0.317	0.374	0.004	1.06
8	0.38	297.8	0.438	0.378	0.002	0.53
9	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
10	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
11	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
12	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
13	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
14	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
15	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
16	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
17	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
18	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
19	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
20	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
21	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
22	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
23	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
24	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
25	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
26	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
27	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
28	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
29	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
30	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
31	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
32	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
33	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
34	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
35	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
36	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
37	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
38	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
39	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
40	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
41	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
42	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
43	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
44	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
45	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
46	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
47	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
48	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
49	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
50	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
51	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
52	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
53	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
54	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
55	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
56	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51

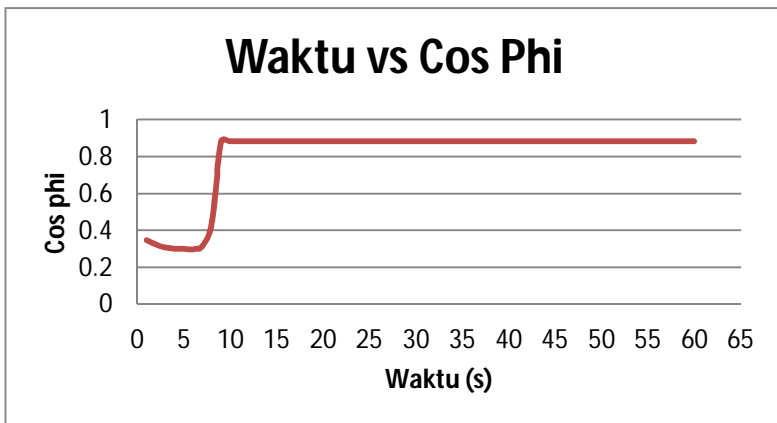
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
57	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
58	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
59	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51
60	0.39	79.2	0.884	0.388	0.002	0.51

Dari hasil simulasi *motor starting analysis* pada Windlass selama operasional 60 detik terjadi tegangan jatuh pada setiap detiknya, akan tetapi tegangan jatuh masih dapat ditoleransi oleh standar IEC dengan +/- 5% dan masih dapat ditoleransi oleh IEEE dengan kondisi tegangan jatuh tidak boleh melebihi 60 detik pertama kondisi operasional motor tersebut. Sedangkan pada detik ke 6, 7 dan 8 terdapat lonjakan arus *start* dan turunnya tegangan namun masih dapat ditoleransi. Terjadi perubahan kenaikan arus yang cukup signifikan pada detik ke 6 = 381,6 A, detik ke 7 = 340,3 A dan detik ke 8 = 297,8 A. Sedangkan pada kondisi besar tegangan jatuh pada detik ke 6, 7 dan 8 juga meningkat yaitu pada detik ke 6 = 1,33%, detik ke 7 = 1,06% dan detik ke 8 = 0,53%. Dari hasil data yang diperoleh dapat disimpulkan ketika arus naik nilai tegangan akan turun juga mempengaruhi nilai prosentase tegangan jatuh juga akan naik, jadi kondisi arus berbanding terbalik dengan tegangan. Kondisi tersebut diakibatkan karena perubahan kondisi rangkaian wye – delta. Namun kondisi tersebut masih dalam rekomendasi IEEE bahwa tegangan jatuh tidak boleh lebih dari 60 detik pertama pada kondisi operasional motor tersebut. Hasil dari simulasi pada tabel 4.13 dapat didapatkan gambar grafik karakteristik *starting*, arus *steady state*, cos ϕ , serta tegangan ditunjukkan pada gambar grafik 4.19, 4.20, 4.21 dan 4.22 dimana hasil gambar grafik

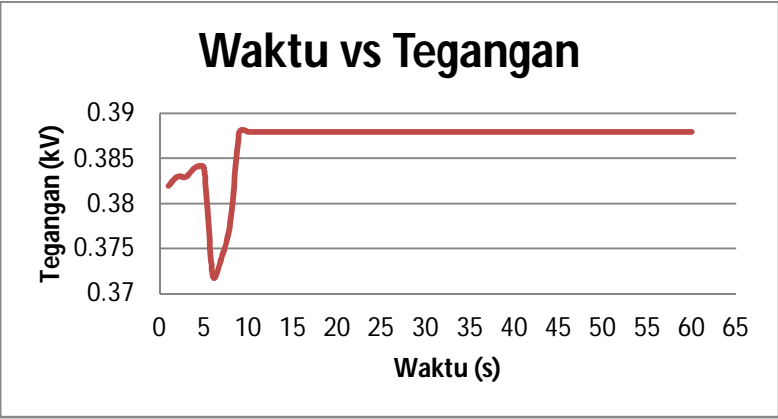
tersebut dapat menunjang analisa data yang diambil dari *software* ETAP dengan simulasi *motor starting analysis*.



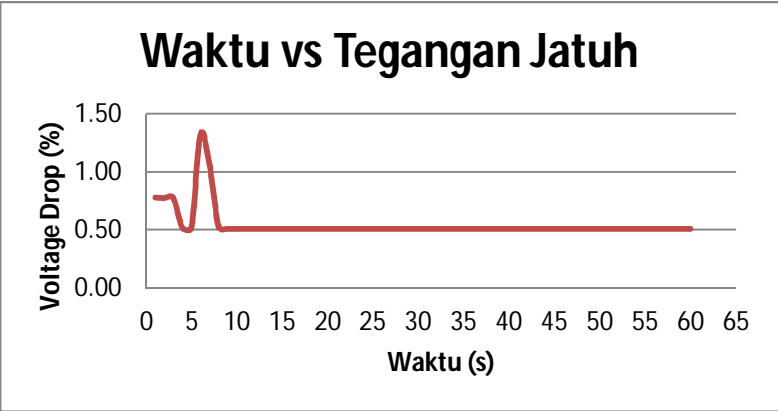
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus
(Kondisi *Anchoring*)



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi
(Kondisi *Anchoring*)



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi *Anchoring*)



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan (Kondisi *Anchoring*)

Data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data seperti pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Sesuai Data Lapangan (Kondisi *Manuevering*)

No.	Nama Peralatan	P (kW)	I _{data} (A)	Cos ϕ	V _s (V)	V _r (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
2	Fan Engine Room (PS After)	24.2	39	0.8	400	448.35	Over	-48.35	-12.09	Tidak
3	Fan Engine Room (SB Fore)	24.2	38	0.8	400	460.15	Over	-60.15	-15.04	Tidak
4	Fan Engine Room (SB After)	24.2	40	0.8	400	437.14	Over	-37.14	-9.28	Tidak
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	16.5	32	0.8	400	372.56	Drop	27.44	6.86	Tidak
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	16.5	34	0.8	400	350.65	Drop	49.35	12.34	Tidak
7	Fan Separator Room (Supply)	7.5	9.3	0.8	400	582.70	Over	-182.70	-45.67	Tidak
8	Fan Separator Room (Exhaust)	7.5	9.2	0.8	400	589.03	Over	-189.03	-47.26	Tidak
9	Fan Compressor Room (Supply)	11	18	0.8	400	441.55	Over	-41.55	-10.39	Tidak
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	11	18.5	0.8	400	429.62	Over	-29.62	-7.41	Tidak
11	Fan Steering Gear Room	2.5	5.1	0.8	400	354.19	Drop	45.81	11.45	Tidak
12	MDO Transfer Pump	5.5	10.9	0.8	400	364.59	Drop	35.41	8.85	Tidak
13	MDO Booster Pump	1.1	2.65	0.8	400	299.92	Drop	100.08	25.02	Tidak
14	LO Pump	1.5	3.45	0.8	400	314.15	Drop	85.85	21.46	Tidak
15	CO FW Pump	48	92	0.8	400	376.98	Drop	23.02	5.76	Tidak
16	CO SW Pump	38	75	0.8	400	366.09	Drop	33.91	8.48	Tidak
17	Hydropore	15.5	20	0.8	400	559.97	Over	-159.97	-39.99	Tidak
18	Steering Gear	42	73	0.8	400	418.58	Over	-18.58	-4.64	Toleransi
19	Bow Thruster	736	1400	0.8	400	379.85	Drop	20.15	5.04	Tidak

Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *maneuvering* sesuai dengan tabel 4.14 adalah 1057 kW dan nilai cos ϕ didapatkan dari asumsi kondisi generator. Dari hasil perhitungan didapatkan data pada tabel 4.14, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5%. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban Fan Auxiliary Engine Room (PS) 6,86%; Fan Auxiliary Engine Room (SB) 12,34%; Fan Steering Gear Room 11,45%; MDO Transfer Pump 8,85%; MDO Booster Pump 25,02%; LO Pump 21,46%; CO FW Pump 5,76%, CO SW Pump 8,48% dan Bow Thruster 5,04%. Tegangan jatuh terbesar terjadi pada MDO Booster Pump sebesar 25,02%, dengan tegangan sumber dari generator sebesar 400 V. Dalam hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban, tegangan jatuh pada tiap

titik beban pada kondisi *Manuevering* bisa terjadi oleh berbagai macam penyebab seperti turunnya sumber tegangan dari generator, ketidak seimbangan beban, faktor *starting motor* yang terjadi pada tiap titik beban motor listrik, kesalahan dalam pemilihan kabel distribusi dan kondisi umur peralatan beserta perawatannya serta juga bisa dapat terjadi karena kesalahan teknis saat pengambilan data yang menyebabkan kurang telitian dalam perhitungan.

Contoh perhitungan tegangan jatuh pada kondisi *maneuvering* adalah sebagai berikut :

- Pada beban Bow Thruster

Data yang diperoleh : $I_{\text{data}} = 1400 \text{ A}$; $P = 736 \text{ kW}$; $V_s = 400 \text{ V}$

- Mencari nilai V_r

$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

$$V_r = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \phi}$$

$$V_r = \frac{736000}{\sqrt{3} \cdot 1400 \cdot 0,8}$$

$$V_r = \mathbf{379,85 \text{ V}}$$

- Mencari nilai ΔV

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$\Delta V = 400 \text{ V} - 379,85 \text{ V}$$

$$\Delta V = \mathbf{20,15 \text{ V}}$$

- Mencari nilai $\Delta V (\%)$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100 \%$$

$$\Delta V(\%) = \frac{20,15}{400} \times 100 \%$$

$$\Delta V = \mathbf{5,04 \%}$$

4.6.2 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* Tegangan Jatuh Pada Kondisi *Manuevering*

Data yang diperoleh dari spesifikasi teknis sistem distribusi listrik di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian, didapatkan data hasil simulasi melalui *software* ETAP seperti pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* (Kondisi *Manuevering*)

No.	Nama Peralatan	P (kW)	Q (kVAr)	I (A)	Cos ϕ	Vs (V)	Vr (V)	Drop / Over	ΔV	ΔV (%)	IEC (<5%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	31	15	50.40	0.893	400	398.14	Drop	1.86	0.47	Toleransi
2	Fan Engine Room (PS After)	27	17	47	0.836	400	397.20	Drop	2.80	0.70	Toleransi
3	Fan Engine Room (SB Fore)	27	17	47	0.837	400	396.73	Drop	3.27	0.82	Toleransi
4	Fan Engine Room (SB After)	27	17	47	0.837	400	396.73	Drop	3.27	0.82	Toleransi
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	18	12	32	0.837	400	388.46	Drop	11.54	2.88	Toleransi
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	18	12	32	0.837	400	388.46	Drop	11.54	2.88	Toleransi
7	Fan Separator Room (Supply)	8	5	14.60	0.837	400	378.41	Drop	21.59	5.40	Tidak
8	Fan Separator Room (Exhaust)	8	5	14.60	0.837	400	378.41	Drop	21.59	5.40	Tidak
9	Fan Compressor Room (Supply)	12	8	21.40	0.837	400	387.25	Drop	12.75	3.19	Toleransi
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	12	8	21.40	0.837	400	387.25	Drop	12.75	3.19	Toleransi
11	Fan Steering Gear Room	3	2	4.90	0.837	400	422.82	Over	-22.82	-5.70	Tidak
12	MDO Transfer Pump	7	4	12.80	0.858	400	368.43	Drop	31.57	7.89	Tidak
13	MDO Booster Pump	2	1	3.00	0.82	400	469.95	Over	-69.95	-17.49	Tidak
14	LO Pump	2	0.99	2.80	0.854	400	483.47	Over	-83.47	-20.87	Tidak
15	CO FW Pump	53	35	93.50	0.837	400	391.46	Drop	8.54	2.13	Toleransi
16	CO SW Pump	42	27	74.00	0.837	400	391.96	Drop	8.04	2.01	Toleransi
17	Hydropore	17	11	30.10	0.837	400	390.04	Drop	9.96	2.49	Toleransi
18	Steering Gear	50	27	84.00	0.884	400	389.22	Drop	10.78	2.70	Toleransi
19	Bow Thruster	764	406	1323.50	0.883	400	377.89	Drop	22.11	5.53	Tidak

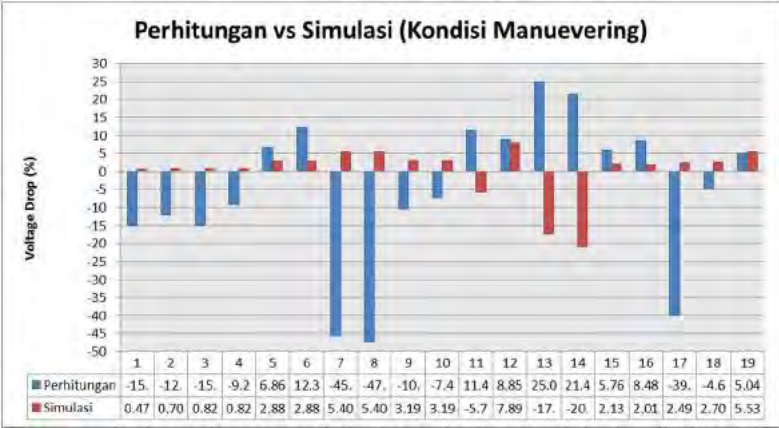
Total daya yang dikonsumsi pada kondisi *manuevering* sesuai dengan tabel 4.15 adalah 1128 kW. Dari hasil simulasi didapatkan data pada tabel 4.15, terjadi tegangan jatuh yang tidak sesuai dengan standar IEC yaitu +/- 5% dan juga tegangan jatuh yang masih dapat ditoleransi oleh standar IEC. Terdapat tegangan jatuh yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC terjadi pada beban Fan Separator Room (Supply) 5,40%; Fan Separator Room (Exhaust) 5,40%; MDO Transfer Pump 7,89% dan Bow Thruster

5,53%. Tegangan jatuh juga terjadi pada beberapa titik beban namun masih dalam toleransi standar IEC yaitu pada beban Fan Engine Room (PS Fore) 0,47%; Fan Engine Room (PS After) 0,70%; Fan Engine Room (SB Fore) 0,82%; Fan Engine Room (SB After) 0,82%; Fan Auxilary Engine Room (PS) 2,88%; Fan Auxilary Engine Room (SB) 2,88%; Fan Compressor Room (Supply) 3,19%; Fan Compressor Room (Exhaust) 3,19%; CO FW Pump 2,13%; CO SW Pump 2,01%; Hydropore 2,49% dan Steering Gear 2,70%. Hasil simulasi *load flow analysis* menunjukkan bahwa tegangan jatuh yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik beban dengan ketelitian perhitungan yang lebih tinggi. Dalam simulasi *load flow analysis* diambil beberapa data penunjang untuk mengetahui adanya tegangan jatuh pada tiap titik beban yaitu nilai P (daya aktif), Q (daya reaktif), Arus dan faktor daya ($\cos \phi$). Sehingga diketahui V_r untuk dapat diketahui nilai tegangan jatuh dalam satuan persen (%).

4.6.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Tegangan Jatuh dan Simulasi *Load Flow Analysis* Pada Kondisi *Manuevering*

Perbandingan hasil perhitungan tegangan jatuh didapatkan dari data yang diperoleh dari pengamatan langsung di KM. Dorolonda yang digunakan sebagai objek penelitian yang ada pada tabel 4.14 dan hasil simulasi *load flow analysis* sesuai pada tabel 4.15. Perbandingan hasil perolehan prosentase tegangan jatuh ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai tegangan jatuh yang dihitung secara manual dan dengan menggunakan simulasi *software* mengalami perbedaan yang signifikan, juga agar dapat sebagai acuan dalam memilih metode secara perhitungan atau dengan cara melakukan simulasi pada *software* ETAP. Berikut

hasil perbandingan antara perhitungan dan simulasi pada gambar grafik 4.24 serta tabel prosentase nilai *error* pada tabel 4.16.



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Simulasi (Kondisi *Manuevering*)

Tabel 4.16 Nilai *Error* Perbandingan antara Perhitungan dan Simulasi (Kondisi *Manuevering*)

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
1	Fan Engine Room (PS Fore)	-60.15	1.86	62.01
2	Fan Engine Room (PS After)	-48.35	2.80	51.14
3	Fan Engine Room (SB Fore)	-60.15	3.27	63.42
4	Fan Engine Room (SB After)	-37.14	3.27	40.41
5	Fan Auxiliary Engine Room (PS)	27.44	11.54	15.90
6	Fan Auxiliary Engine Room (SB)	49.35	11.54	37.82
7	Fan Separator Room (Supply)	-182.70	21.59	204.28
8	Fan Separator Room (Exhaust)	-189.03	21.59	210.62
9	Fan Compressor Room (Supply)	-41.55	12.75	54.30
10	Fan Compressor Room (Exhaust)	-29.62	12.75	42.37

No.	Nama Peralatan	$\Delta V_{\text{perhitungan}}$	$\Delta V_{\text{simulasi}}$	error (%)
11	Fan Steering Gear Room	45.81	-22.82	68.63
12	MDO Transfer Pump	35.41	31.57	3.84
13	MDO Booster Pump	100.08	-69.95	170.02
14	LO Pump	85.85	-83.47	169.32
15	CO FW Pump	23.02	8.54	14.49
16	CO SW Pump	33.91	8.04	25.88
17	Hydropore	-159.97	9.96	169.93
18	Steering Gear	-18.58	10.78	29.36
19	Bow Thruster	20.15	22.11	1.96

Total nilai *error* yang didapatkan dari kondisi *manuevering* berdasarkan nilai ΔV perhitungan dan nilai ΔV simulasi didapatkan nilai *error* yang berbeda pada setiap titik beban. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, pada tabel 4.16 kondisi *error* terbesar ada pada beban Fan Separator Room (Exhaust) 210,62% dengan nilai ΔV perhitungan = -189,03 dan ΔV simulasi = 21,15; Fan Separator Room (Supply) 204,28% dengan nilai ΔV perhitungan = -182,7 dan ΔV simulasi = 21,15; MDO Booster Pump 170,02% dengan nilai ΔV perhitungan = 100,08 dan ΔV simulasi = -69,95. Sedangkan nilai *error* terkecil pada beban Bow Thruster 1,96% dengan nilai ΔV perhitungan = 20,15 dan ΔV simulasi = 22,11; MDO Transfer Pump 3,84% dengan nilai ΔV perhitungan = 35,41 dan ΔV simulasi = 31,57; CO FW Pump 14,49% dengan nilai ΔV perhitungan = 23,02 dan ΔV simulasi = 8,54 dan Fan Auxilary Engine Room (PS) 15,90% dengan nilai ΔV perhitungan = 27,44 dan ΔV simulasi = 11,54. Beberapa contoh nilai *error* terbesar didapatkan pada nilai ΔV

perhitungan dikarenakan pada kondisi riil di lapangan terdapat beberapa faktor yang menjadikan nilai ΔV perhitungan memiliki nilai yang besar, karena adanya pengaruh *lifetime* / umur peralatan, kondisi koneksi antar kabel, kondisi baik buruknya kabel, kondisi kawat dan juga adanya nilai reaktansi jenis dari panjang saluran yang tidak diamati nilainya pada kondisi riil di lapangan. Sedangkan pada kondisi simulasi tidak dipengaruhi oleh beberapa faktor pada kondisi riil di lapangan, ΔV simulasi memiliki nilai yang relatif kecil yang berbeda jauh dengan nilai dari ΔV perhitungan, karena pada simulasi tidak memasukkan nilai *lifetime*, kondisi kabel, kondisi koneksi antar kabel, nilai reaktansi jenis dari kabel yang digunakan secara riil di kapal dan *software* ETAP biasa digunakan sebagai *software* tegangan tinggi sedangkan di kapal hanya tegangan rendah. Namun untuk perencanaan instalasi listrik bangunan baru menggunakan *software* ETAP sangat direkomendasikan karena perhitungannya lebih akurat. Dari berbagai macam kondisi tersebut yang mempengaruhi perbedaan nilai *error* yang cukup signifikan pada ΔV perhitungan dan ΔV simulasi.

4.6.4 Hasil Simulasi Motor Starting Analysis Kondisi *Manuevering*

Simulasi *motor starting analysis* bertujuan untuk mengetahui nilai arus, tegangan, daya dan faktor daya pada tiap titik beban motor listrik. Kondisi motor listrik saat *starting* diatur waktu simulasi selama 60 detik per titik beban motor listrik pada kapal saat dalam kondisi *manuevering*. Dalam hal ini hasil perolehan data *motor starting analysis* diambil salah satu contoh pada titik beban motor listrik dengan kapasitas beban tertinggi pada tiap kondisi kapal yaitu pada Bow Thruster seperti pada tabel 4.17. Kondisi operasional bow thruster merupakan beban

terbesar pada peralatan listrik KM. Dorolonda, oleh sebab itu perlu perhatian khusus pada beban tersebut termasuk *losses* dan kerugian lainnya yang ditimbulkan saat bow thruster beroperasi.

Tabel 4.17 Kondisi Operasional Bow Thruster

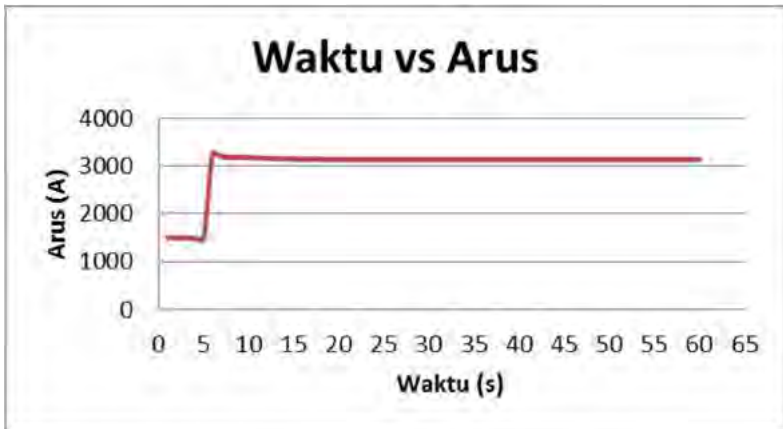
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.353	1499.3	0.148	0.318	0.035	9.92
2	0.352	1491.3	0.148	0.316	0.036	10.23
3	0.352	1491.3	0.148	0.316	0.036	10.23
4	0.352	1491.3	0.148	0.316	0.036	10.23
5	0.352	1491.3	0.148	0.316	0.036	10.23
6	0.305	3252.8	0.148	0.23	0.075	24.59
7	0.301	3190.4	0.149	0.226	0.075	24.92
8	0.301	3188	0.15	0.226	0.075	24.92
9	0.301	3184.7	0.152	0.226	0.075	24.92
10	0.301	3179.9	0.155	0.226	0.075	24.92
11	0.301	3173.6	0.16	0.226	0.075	24.92
12	0.302	3166.7	0.166	0.227	0.075	24.83
13	0.302	3160	0.172	0.227	0.075	24.83
14	0.302	3154.4	0.178	0.227	0.075	24.83
15	0.302	3150.2	0.183	0.228	0.074	24.50
16	0.302	3147.1	0.186	0.228	0.074	24.50
17	0.303	3145	0.189	0.228	0.075	24.75
18	0.303	3143.5	0.191	0.228	0.075	24.75
19	0.303	3142.6	0.192	0.228	0.075	24.75
20	0.303	3142	0.193	0.228	0.075	24.75
21	0.303	3141.6	0.193	0.228	0.075	24.75
22	0.303	3141.3	0.193	0.229	0.074	24.42

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
23	0.303	3141.2	0.194	0.229	0.074	24.42
24	0.303	3141.1	0.194	0.229	0.074	24.42
25	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
26	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
27	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
28	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
29	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
30	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
31	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
32	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
33	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
34	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
35	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
36	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
37	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
38	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
39	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
40	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
41	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
42	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
43	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
44	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
45	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
46	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
47	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
48	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
49	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42

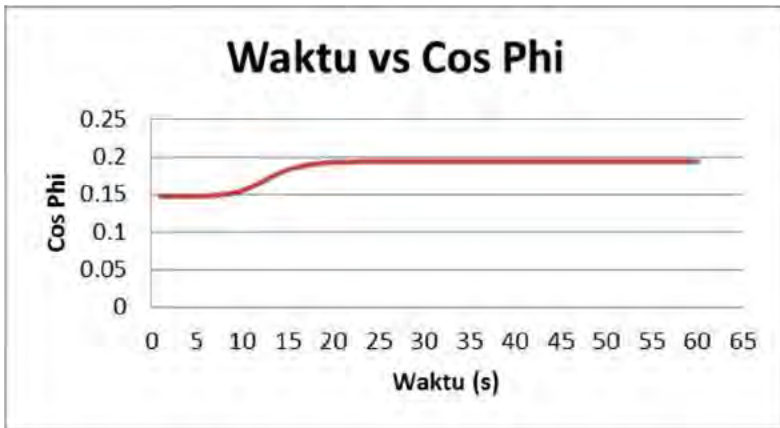
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
50	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
51	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
52	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
53	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
54	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
55	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
56	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
57	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
58	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
59	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42
60	0.303	3141	0.194	0.229	0.074	24.42

Dari hasil simulasi *motor starting analysis* pada Bow Thruster selama operasional 60 detik terjadi tegangan jatuh pada setiap detiknya yang tidak dapat ditoleransi oleh standar IEC dengan $\pm 5\%$ juga tidak disarankan oleh IEEE dengan kondisi tegangan jatuh yang tidak boleh melebihi 60 detik pertama kondisi operasional motor tersebut. Pada setiap detik operasional Bow Thruster tidak dapat ditoleransi dimana tegangan jatuh pada detik pertama sebesar 9,92% dan setelah itu tegangan jatuh semakin tinggi hingga diatas 10% pada tiap detiknya selama 60 detik. Terjadi perubahan kenaikan arus yang cukup signifikan pada detik ke 6 = 3252,8 A kemudian arus berangsur menurun hingga berada pada kondisi *steady* pada detik ke 25 = 3141 A. Sedangkan pada kondisi besar tegangan jatuh pada detik ke 6 = 24,59% dimana kondisi tersebut sangat jauh dari standar IEC, kondisi tegangan jatuh terbesar hingga mencapai 24,92% dari detik ke 7 hingga detik 11. Dari hasil data yang diperoleh dapat

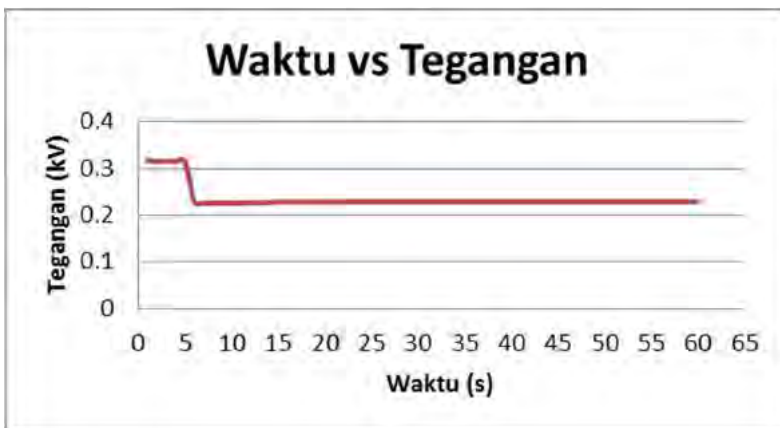
disimpulkan ketika arus naik nilai tegangan akan turun juga mempengaruhi nilai prosentase tegangan jatuh juga akan naik, jadi kondisi arus berbanding terbalik dengan tegangan. Kondisi tersebut diakibatkan karena perubahan kondisi rangkaian wye – delta. Namun kondisi tersebut tidak pada rekomendasi IEEE bahwa tegangan jatuh tidak boleh lebih dari 60 detik pertama pada kondisi operasional motor tersebut. Kondisi tersebut harus segera diperbaiki dengan beberapa cara seperti memberi tambahan kapasitor dan juga dapat merubah tap transformator yang digunakan. Hasil dari simulasi pada tabel 4.17 dapat didapatkan gambar grafik karakteristik *starting*, arus *steady state*, $\cos \phi$, serta tegangan ditunjukkan pada gambar grafik 4.25, 4.26, 4.27 dan 4.28 dimana hasil gambar grafik tersebut dapat menunjang analisa data yang diambil dari *software* ETAP dengan simulasi *motor starting analysis*.



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus (Kondisi *Manuevering*)



Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi
(Kondisi *Manuevering*)



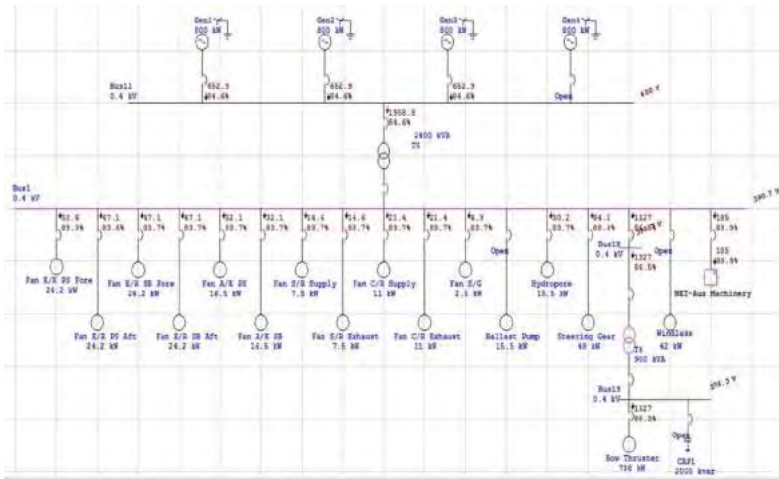
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan
(Kondisi *Manuevering*)



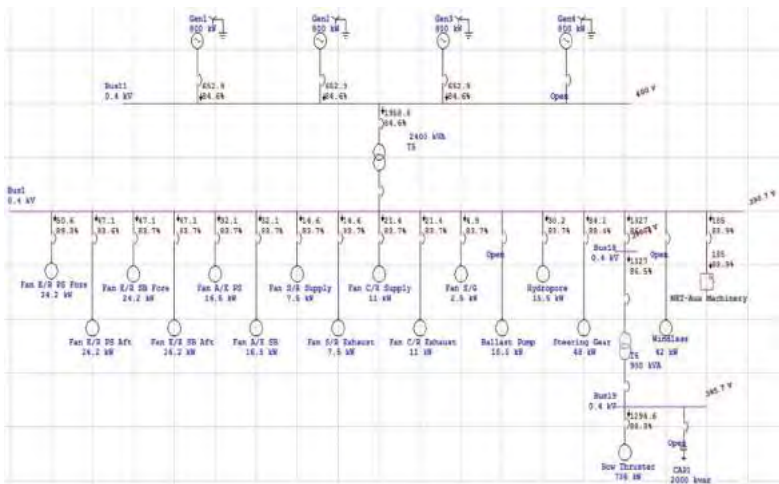
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Jatuh (Kondisi *Manuevering*)

4.7 Hasil Perbaikan Tegangan Jatuh Dengan Simulasi *Electrical Transient Analysis Program (ETAP)*

Hasil perbaikan tegangan jatuh dilakukan dengan simulasi *software* ETAP pada *load flow analysis* dan *motor acceleration analysis*, bertujuan untuk mengetahui nilai arus, tegangan, daya dan faktor daya pada tiap titik beban motor listrik. Secara teori tegangan jatuh tidak dapat dihilangkan melainkan dapat diminimalisir nilainya. Tegangan jatuh dapat diperbaiki dengan berbagai macam cara seperti mengubah atau memvariasikan tap tansformator dan memberi beban kapasitif (kapasitor) agar dapat mengurangi nilai besarnya arus yang mengakibatkan naiknya nilai tegangan. Pada hasil analisa tegangan jatuh yang telah dilakukan didapatkan tegangan jatuh terbesar pada kondisi kapal *manuevering* dengan beban motor listrik Bow Thruster. Hasil perbaikan tegangan jatuh melalui hasil simulasi *load flow analysis* ditunjukkan pada gambar 4.30 dan sebelum melakukan perbaikan ditunjukkan pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Kondisi Bow Thruster Sebelum Perbaikan dengan Simulasi *Load Flow Analysis*



Gambar 4.30 Kondisi Bow Thruster Setelah Perbaikan dengan Simulasi *Load Flow Analysis*

Perbaikan tegangan jatuh melalui simulasi *load flow analysis* pada kondisi *maneuvering* pada beban terbesar Bow Thruster dengan cara merubah nilai tap transformator 2 dengan daya 900 kVA, nilai tap transformator dinaikkan 2,5% dari nilai tegangan transformator pada sisi sekunder yaitu 400V. Pada awalnya ketika belum merubah tap transformator beban Bow Thruster memiliki tegangan terima sebesar 376,3V yang membuat *bus* dari Beban Bow Thruster berwarna merah yang berarti kondisi tersebut tidak aman, sedangkan setelah tap transformator dinaikkan 2,5% beban Bow Thruster memiliki tegangan terima sebesar 385,7V yang membuat *bus* dari beban Bow Thruster berwarna ungu yang artinya kondisi tersebut aman dan masih bisa ditoleransi. Perbaikan tegangan jatuh juga dilakukan melalui simulasi *motor acceleration analysis* yang hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.18.

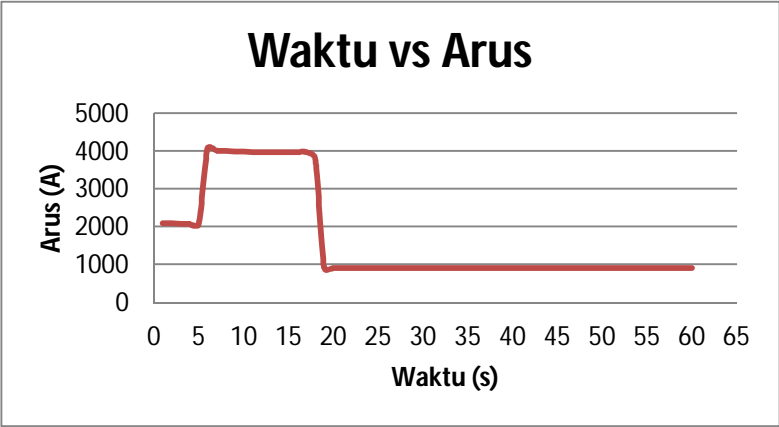
Tabel 4.18 Kondisi Operasional Bow Thruster Setelah Perbaikan

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.423	2092.4	0.148	0.443	-0.02	-4.73
2	0.424	2094.1	0.15	0.443	-0.02	-4.48
3	0.424	2088.3	0.155	0.443	-0.02	-4.48
4	0.424	2080.4	0.161	0.445	-0.02	-4.95
5	0.425	2071.4	0.17	0.445	-0.02	-4.71
6	0.341	4078.8	0.179	0.295	0.05	13.49
7	0.339	4022	0.194	0.295	0.04	12.98
8	0.34	4009.8	0.207	0.295	0.05	13.24
9	0.341	3999.6	0.22	0.295	0.05	13.49
10	0.341	3990.9	0.231	0.295	0.05	13.49
11	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20

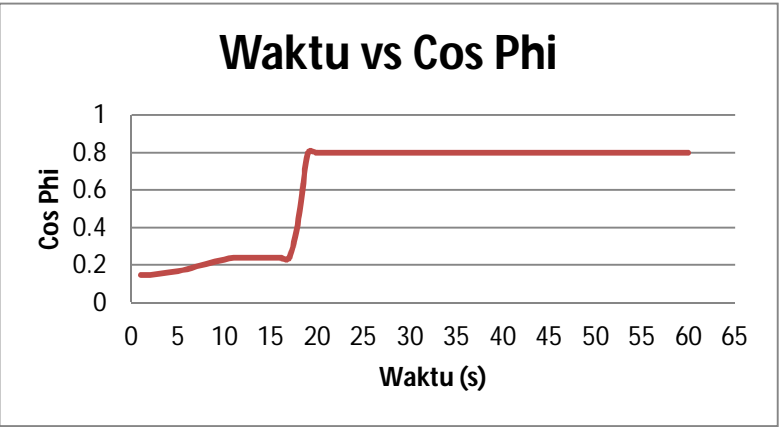
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
12	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20
13	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20
14	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20
15	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20
16	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20
17	0.341	3983.3	0.241	0.296	0.05	13.20
18	0.352	3809	0.449	0.314	0.04	10.80
19	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
20	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
21	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
22	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
23	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
24	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
25	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
26	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
27	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
28	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
29	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
30	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
31	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
32	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
33	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
34	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
35	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
36	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
37	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
38	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
39	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
40	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
41	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
42	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
43	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
44	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
45	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
46	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
47	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
48	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
49	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
50	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
51	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
52	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
53	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
54	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
55	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
56	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
57	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
58	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
59	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08
60	0.483	915.4	0.8	0.551	-0.07	-14.08

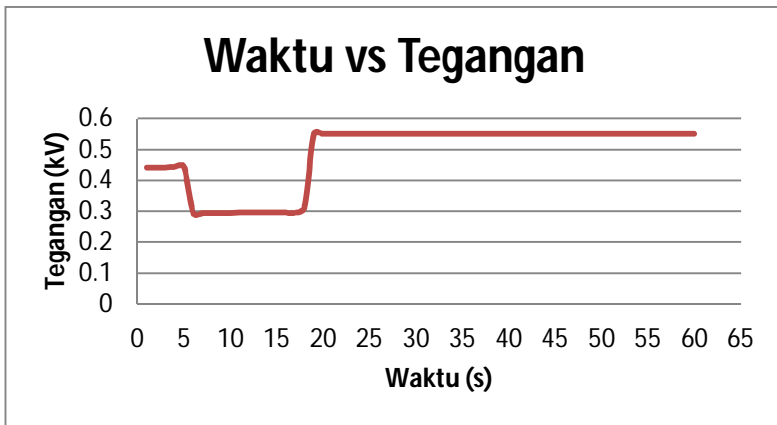
Perbaikan tegangan jatuh melalui simulasi *motor acceleration analysis* pada kondisi *maneuvering* pada beban terbesar Bow Thruster dengan cara memberikan beban tambahan yang bersifat kapasitif (kapasitor) dengan nilai tertentu agar dapat mengurangi arus dan memberikan tambahan nilai kepada tegangan serta kapasitor juga dapat meningkatkan nilai faktor daya. Pada tabel 4.18 tegangan jatuh hanya terjadi selama 13 detik, kondisi tersebut telah memenuhi rekomendasi dari IEEE bahwa tegangan jatuh tidak boleh lebih dari 60 detik saat awal operasional motor listrik. Tegangan jatuh terjadi pada detik ke 6 – 18. Kondisi tersebut terjadi karena penambahan kapasitor dengan nilai 2000 kVAr. Terjadinya tegangan jatuh terbesar pada titik beban Bow Thruster karena lonjakan arus *start* yang tidak dapat diminimalisir oleh sklar wye-delta, oleh sebab itu diberi tambahan kapasitor untuk menaikkan nilai tegangan dan faktor daya. Dapat diketahui adanya tambahan beban reaktif dengan satuan VAr dapat memperkecil sudut ϕ sehingga memperbesar nilai faktor daya serta tegangan. Hasil dari simulasi pada tabel 4.18 dapat didapatkan gambar grafik karakteristik *starting*, arus *steady state*, $\cos \phi$, serta tegangan ditunjukkan pada gambar grafik 4.31, 4.32, 4.33 dan 4.34 dimana hasil gambar grafik tersebut dapat menunjang analisa data yang diambil dari *software* ETAP dengan simulasi *motor starting analysis*.



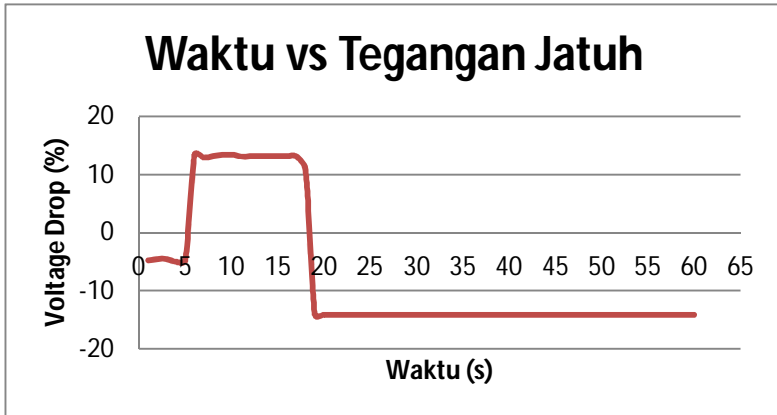
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus Setelah Perbaikan (Kondisi *Manuevering*)



Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Waktu dengan Cos Phi Setelah Perbaikan (Kondisi *Manuevering*)



Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Setelah Perbaikan (Kondisi *Manuevering*)



Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan Setelah Perbaikan (Kondisi *Manuevering*)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

1. Hasil simulasi *motor acceleration analysis* tiap beban
2. Hasil pengambilan data lapangan

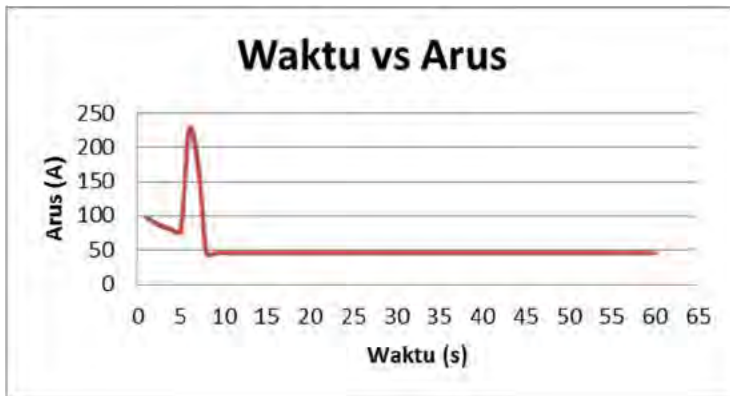
I. Hasil simulasi *motor acceleration analysis* tiap beban

a. Fan Engine Room (PS Fore)

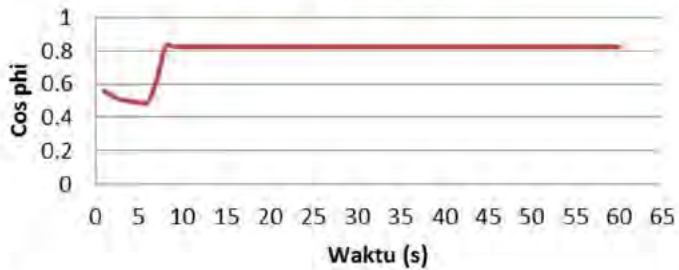
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.397	97.8	0.561	0.396	0.001	0.25
2	0.397	90.1	0.527	0.396	0.001	0.25
3	0.397	83.9	0.505	0.396	0.001	0.25
4	0.397	80.1	0.496	0.397	0	0
5	0.397	77.9	0.492	0.397	0	0
6	0.392	226.5	0.492	0.39	0.002	0.51
7	0.394	172.3	0.623	0.393	0.001	0.25
8	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
9	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
10	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
11	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
12	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
13	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
14	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
15	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
16	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
17	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
18	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
19	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
20	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
21	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
22	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
23	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
24	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
25	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
26	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
27	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
28	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
29	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
30	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
31	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
32	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
33	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
34	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
35	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
36	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
37	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
38	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
39	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
40	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
41	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
42	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
43	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
44	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
45	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
46	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
47	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
48	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
49	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
50	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
51	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0

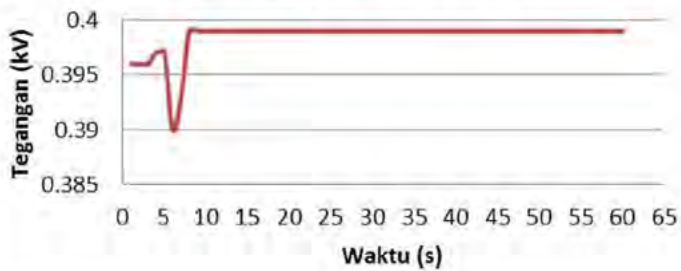
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
52	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
53	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
54	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
55	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
56	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
57	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
58	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
59	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0
60	0.399	45.8	0.826	0.399	0	0

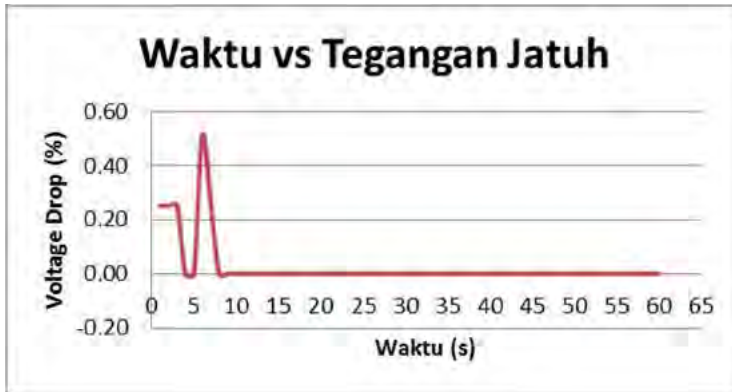


Waktu vs Cos Phi



Waktu vs Tegangan





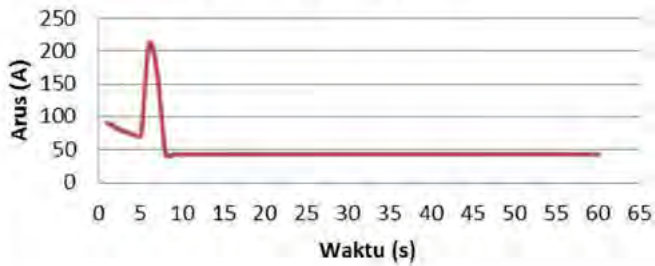
b. Fan Engine Room (PS After)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.396	90.9	0.561	0.395	0.001	0.25
2	0.396	83.8	0.528	0.395	0.001	0.25
3	0.396	78.1	0.505	0.395	0.001	0.25
4	0.396	74.5	0.496	0.395	0.001	0.25
5	0.396	72.5	0.492	0.395	0.001	0.25
6	0.391	211	0.492	0.389	0.002	0.51
7	0.393	162.3	0.614	0.392	0.001	0.25
8	0.398	42.8	0.827	0.397	0.001	0.25
9	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
10	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
11	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
12	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
13	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
14	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
15	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25

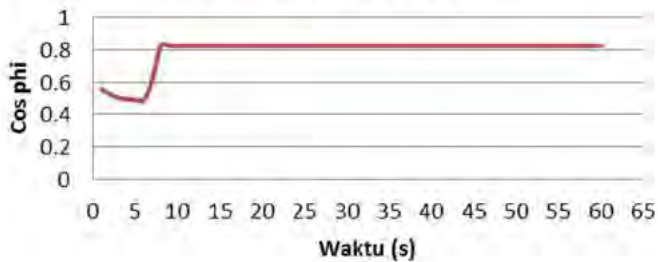
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
16	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
17	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
18	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
19	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
20	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
21	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
22	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
23	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
24	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
25	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
26	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
27	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
28	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
29	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
30	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
31	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
32	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
33	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
34	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
35	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
36	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
37	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
38	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
39	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
40	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
41	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
42	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
43	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
44	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
45	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
46	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
47	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
48	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
49	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
50	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
51	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
52	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
53	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
54	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
55	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
56	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
57	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
58	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
59	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25
60	0.398	42.8	0.826	0.397	0.001	0.25

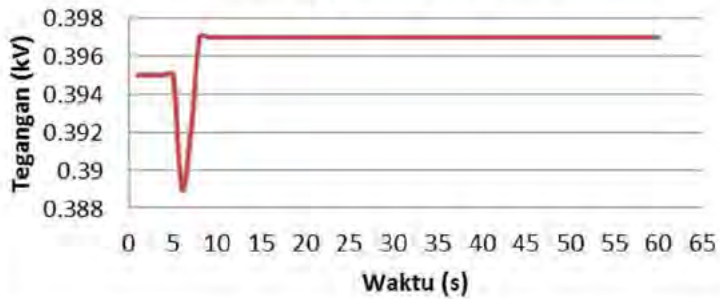
Waktu vs Arus



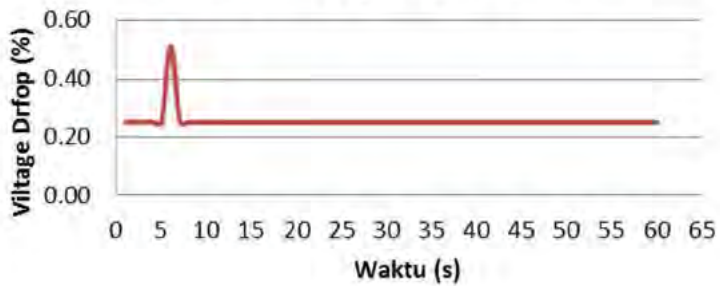
Waktu vs Cos Phi



Waktu vs Tegangan



Waktu vs Tegangan Jatuh

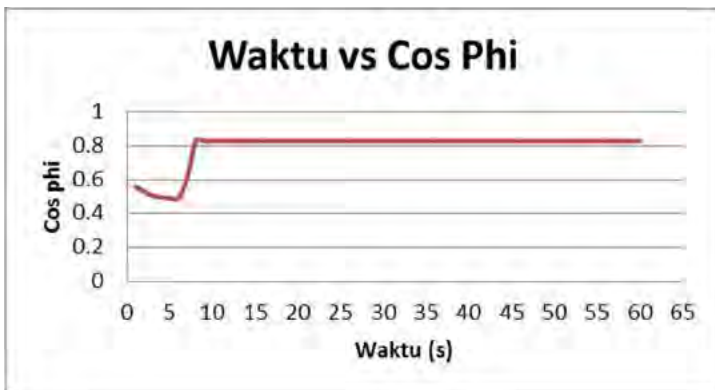
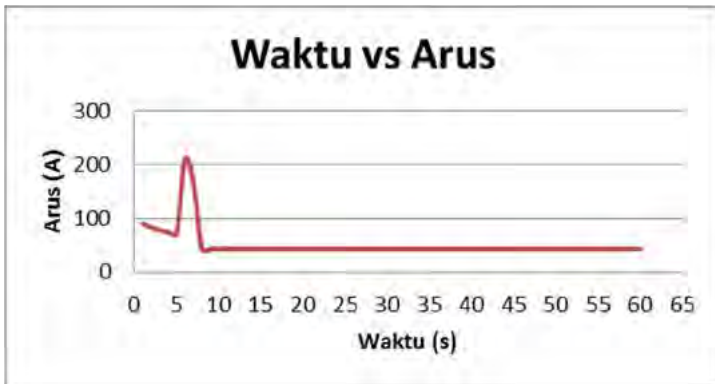


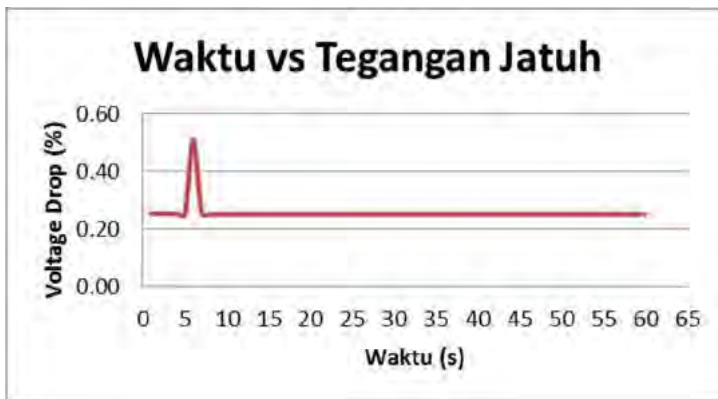
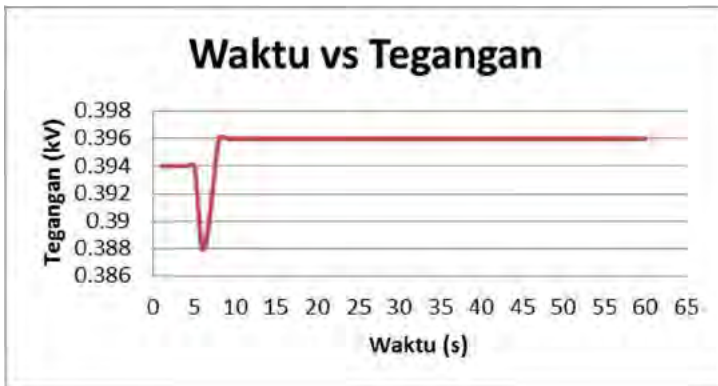
c. Fan Engine Room (SB Fore)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.395	90.6	0.561	0.394	0.001	0.25
2	0.395	83.6	0.528	0.394	0.001	0.25
3	0.395	77.8	0.506	0.394	0.001	0.25
4	0.395	74.3	0.496	0.394	0.001	0.25
5	0.395	72.3	0.492	0.394	0.001	0.25
6	0.39	210.4	0.492	0.388	0.002	0.51
7	0.392	164.2	0.603	0.391	0.001	0.26
8	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
9	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
10	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
11	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
12	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
13	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
14	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
15	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
16	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
17	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
18	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
19	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
20	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
21	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
22	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
23	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
24	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
25	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
26	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
27	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
28	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
29	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
30	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
31	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
32	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
33	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
34	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
35	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
36	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
37	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
38	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
39	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
40	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
41	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
42	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
43	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
44	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
45	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
46	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
47	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
48	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
49	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
50	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
51	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
52	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
53	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
54	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
55	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
56	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
57	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
58	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
59	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25
60	0.397	42.9	0.828	0.396	0.001	0.25





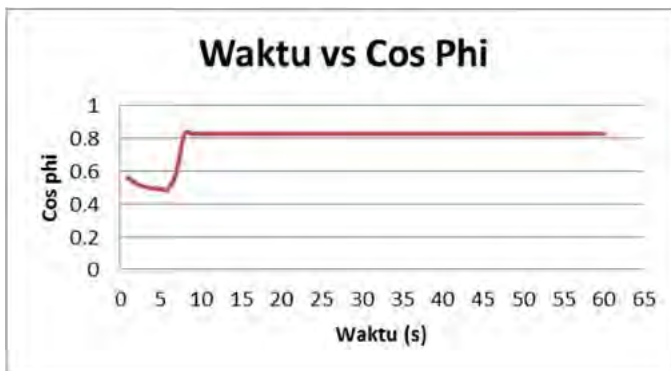
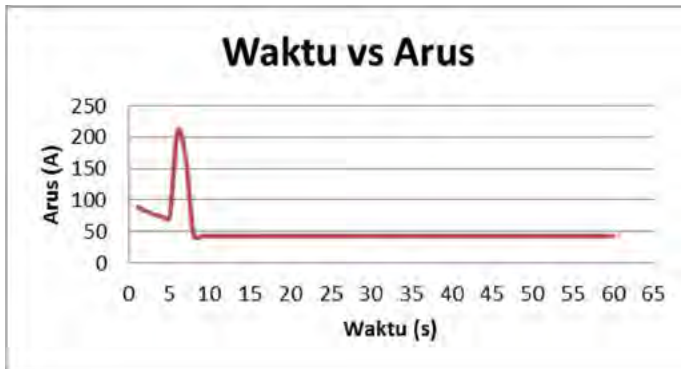
d. Fan Engine Room (SB After)

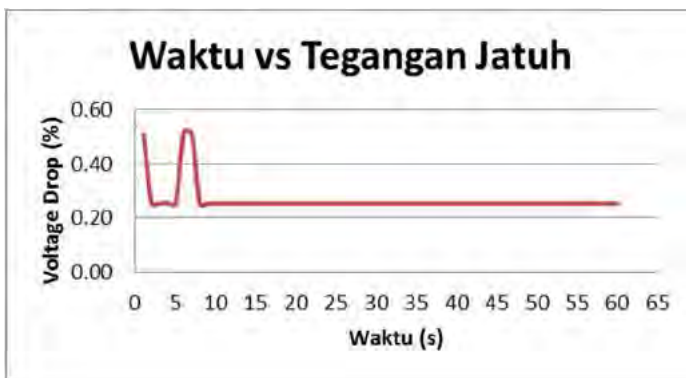
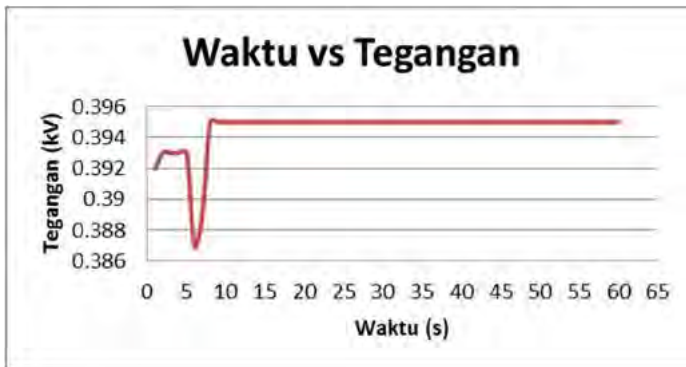
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.394	90.3	0.561	0.392	0.002	0.51
2	0.394	83.3	0.528	0.393	0.001	0.25
3	0.394	77.7	0.506	0.393	0.001	0.25
4	0.394	74.1	0.496	0.393	0.001	0.25
5	0.394	72.2	0.493	0.393	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
6	0.389	210	0.492	0.387	0.002	0.51
7	0.391	165.9	0.594	0.389	0.002	0.51
8	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
9	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
10	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
11	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
12	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
13	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
14	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
15	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
16	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
17	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
18	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
19	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
20	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
21	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
22	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
23	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
24	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
25	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
26	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
27	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
28	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
29	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
30	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
31	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
32	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
33	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
34	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
35	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
36	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
37	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
38	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
39	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
40	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
41	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
42	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
43	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
44	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
45	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
46	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
47	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
48	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
49	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
50	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
51	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
52	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
53	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
54	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
55	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
56	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
57	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
58	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25
59	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
60	0.396	43	0.829	0.395	0.001	0.25



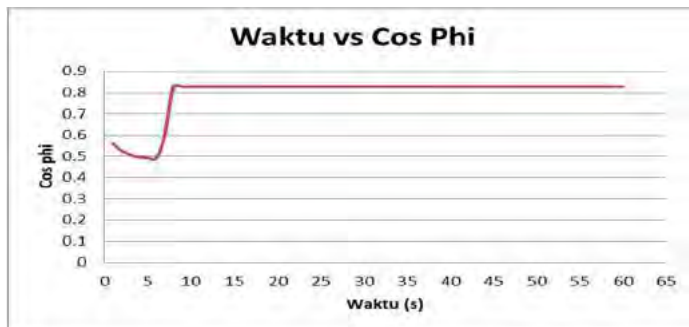
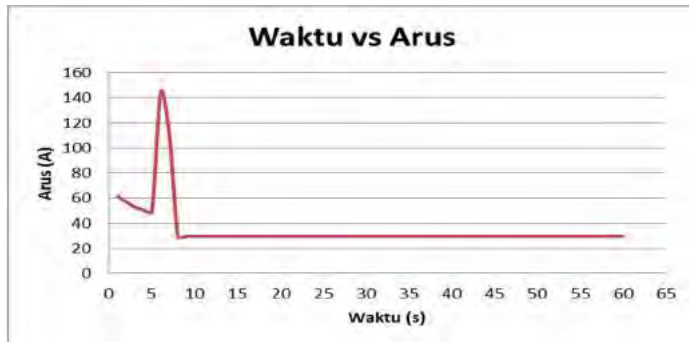


e. Fan Aux. Engine (PS)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.394	61.6	0.561	0.392	0.002	0.51
2	0.394	56.8	0.528	0.392	0.002	0.51
3	0.394	52.9	0.506	0.393	0.001	0.25
4	0.394	50.5	0.496	0.393	0.001	0.25
5	0.394	49.2	0.493	0.393	0.001	0.25
6	0.39	143.8	0.492	0.389	0.001	0.26

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
7	0.392	112.4	0.6	0.39	0.002	0.51
8	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
9	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
10	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
11	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
12	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
13	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
14	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
15	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
16	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
17	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
18	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
19	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
20	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
21	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
22	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
23	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
24	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
25	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
26	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
27	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
28	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
29	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
30	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
31	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
32	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
33	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
34	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
35	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
36	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
37	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
38	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
39	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
40	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
41	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
42	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
43	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
44	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
45	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
46	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
47	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
48	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
49	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
50	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
51	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
52	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
53	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
54	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
55	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
56	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
57	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
58	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
59	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25
60	0.395	29.4	0.829	0.394	0.001	0.25



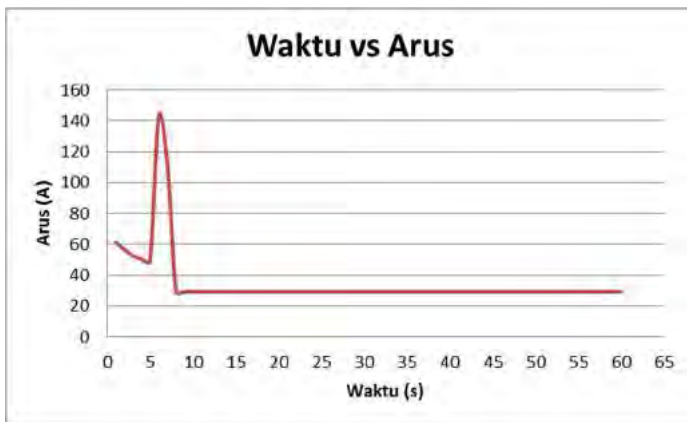


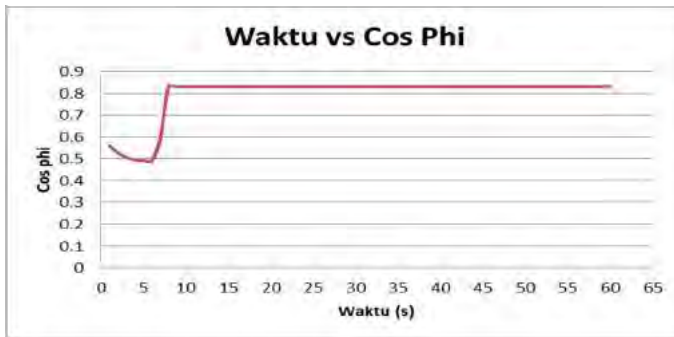
f. Fan Aux. Engine (SB)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.393	61.4	0.561	0.391	0.002	0.51
2	0.393	56.7	0.528	0.391	0.002	0.51
3	0.393	52.8	0.506	0.392	0.001	0.25
4	0.393	50.4	0.496	0.392	0.001	0.25
5	0.393	49.1	0.493	0.392	0.001	0.25
6	0.39	143.5	0.492	0.388	0.002	0.51
7	0.391	113.2	0.593	0.389	0.002	0.51
8	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
9	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
10	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
11	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
12	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
13	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
14	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
15	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
16	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
17	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
18	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
19	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
20	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
21	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
22	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
23	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
24	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
25	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
26	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
27	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
28	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
29	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
30	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
31	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
32	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
33	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
34	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
35	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
36	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
37	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
38	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
39	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
40	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
41	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
42	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
43	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
44	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
45	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
46	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
47	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
48	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
49	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
50	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
51	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
52	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
53	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
54	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
55	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
56	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
57	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
58	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
59	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25
60	0.394	29.4	0.83	0.393	0.001	0.25



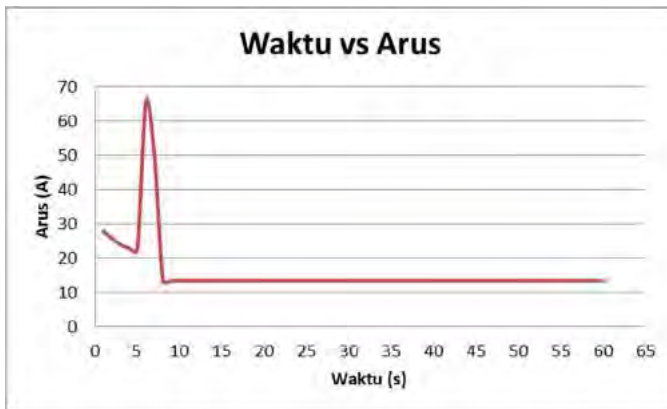


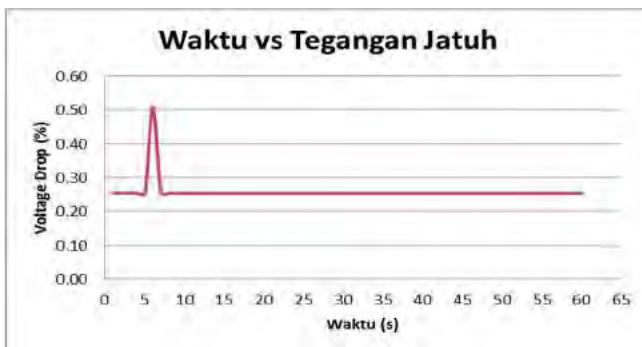
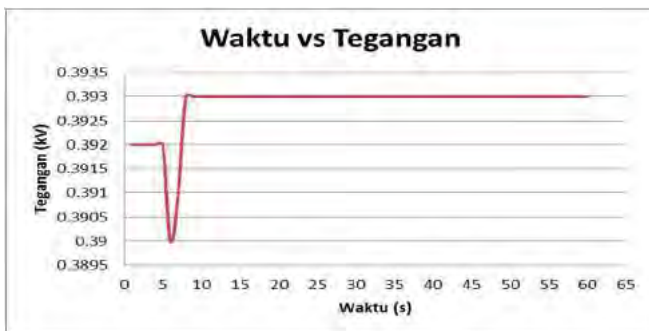
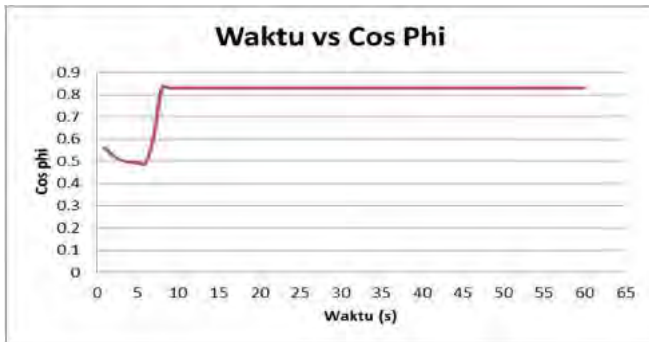
g. Fan Separator Room (Supply)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.393	27.9	0.561	0.392	0.001	0.25
2	0.393	25.8	0.528	0.392	0.001	0.25
3	0.393	24	0.506	0.392	0.001	0.25
4	0.393	22.9	0.496	0.392	0.001	0.25
5	0.393	22.3	0.493	0.392	0.001	0.25
6	0.392	65.7	0.492	0.39	0.002	0.51
7	0.392	50.8	0.605	0.391	0.001	0.26
8	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
9	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
10	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
11	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
12	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
13	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
14	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
15	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
16	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
17	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
18	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
19	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
20	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
21	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
22	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
23	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
24	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
25	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
26	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
27	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
28	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
29	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
30	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
31	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
32	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
33	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
34	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
35	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
36	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
37	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
38	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
39	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
40	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
41	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
42	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
43	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
44	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
45	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
46	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
47	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
48	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
49	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
50	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
51	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
52	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
53	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
54	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
55	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
56	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
57	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
58	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
59	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25
60	0.394	13.4	0.83	0.393	0.001	0.25



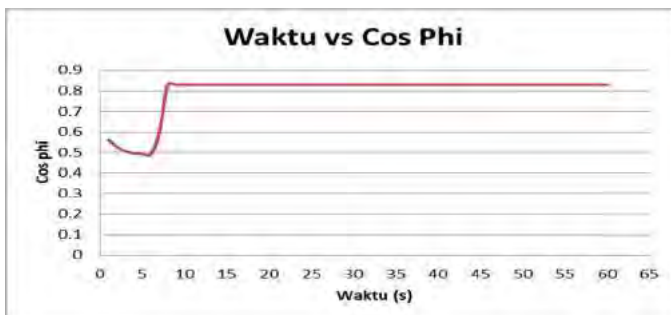
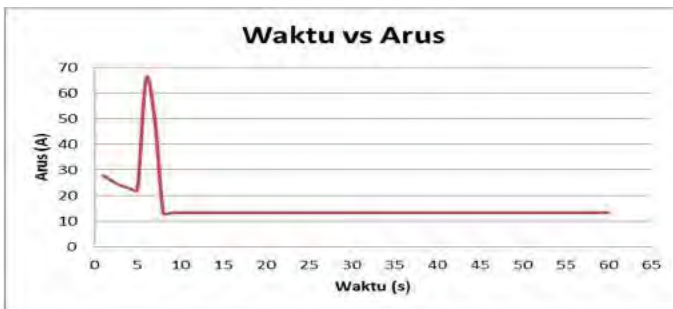


h. Fan Separator Room (Exhaust)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.393	27.9	0.561	0.391	0.002	0.51
2	0.393	25.8	0.528	0.392	0.001	0.25
3	0.393	24	0.506	0.392	0.001	0.25
4	0.393	22.9	0.496	0.392	0.001	0.25
5	0.393	22.3	0.493	0.392	0.001	0.25
6	0.391	65.6	0.492	0.39	0.001	0.26
7	0.392	51	0.602	0.391	0.001	0.26
8	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
9	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
10	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
11	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
12	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
13	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
14	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
15	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
16	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
17	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
18	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
19	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
20	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
21	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
22	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
23	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
24	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
25	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
26	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
27	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
28	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
29	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
30	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
31	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
32	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
33	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
34	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
35	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
36	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
37	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
38	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
39	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
40	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
41	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
42	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
43	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
44	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
45	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
46	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
47	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
48	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
49	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
50	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
51	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
52	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
53	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
54	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
55	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
56	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
57	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
58	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
59	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51
60	0.394	13.4	0.831	0.392	0.002	0.51



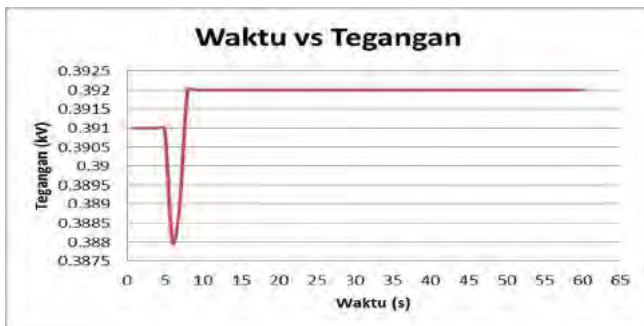
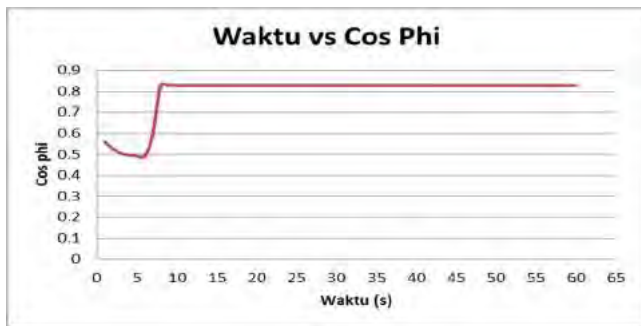
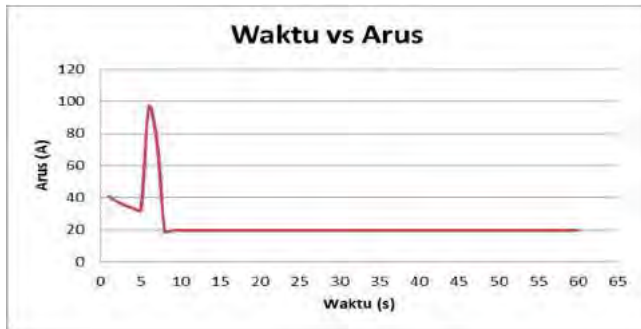


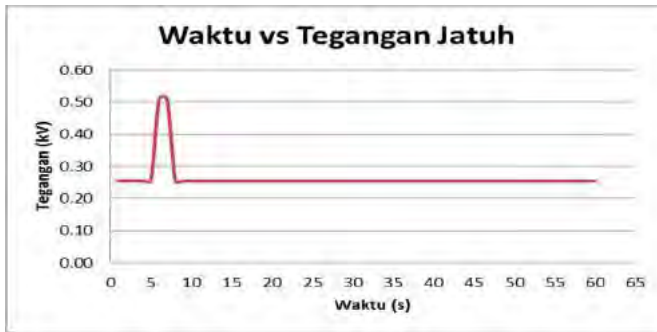
i. Fan Compressor Room (Supply)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.392	40.9	0.561	0.391	0.001	0.26
2	0.392	37.7	0.528	0.391	0.001	0.26
3	0.392	35.2	0.506	0.391	0.001	0.26
4	0.392	33.6	0.496	0.391	0.001	0.26
5	0.392	32.7	0.493	0.391	0.001	0.26
6	0.39	95.9	0.492	0.388	0.002	0.51
7	0.391	75.6	0.592	0.389	0.002	0.51
8	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
9	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
10	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
11	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
12	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
13	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
14	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
15	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
16	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
17	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
18	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
19	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
20	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
21	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
22	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
23	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
24	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
25	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
26	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
27	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
28	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
29	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
30	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
31	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
32	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
33	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
34	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
35	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
36	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
37	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
38	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
39	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
40	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
41	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
42	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
43	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
44	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
45	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
46	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
47	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
48	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
49	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
50	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
51	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
52	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
53	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
54	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
55	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
56	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
57	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
58	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
59	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25
60	0.393	19.7	0.831	0.392	0.001	0.25



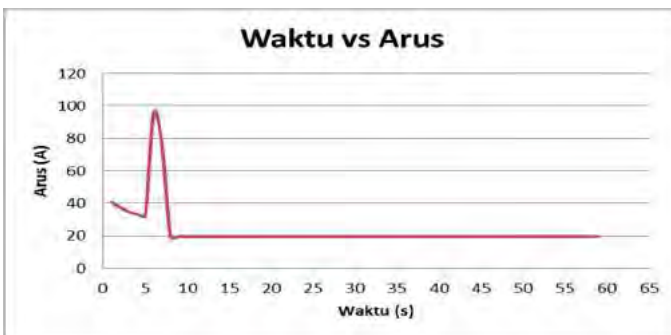


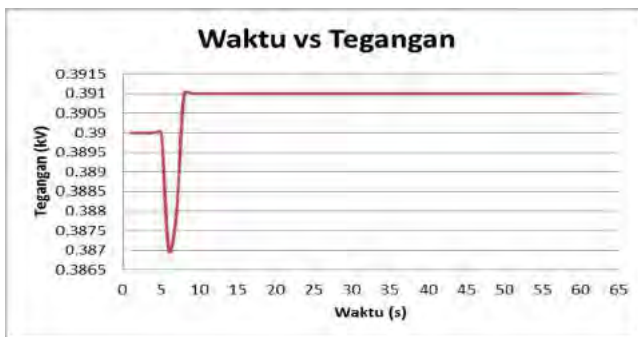
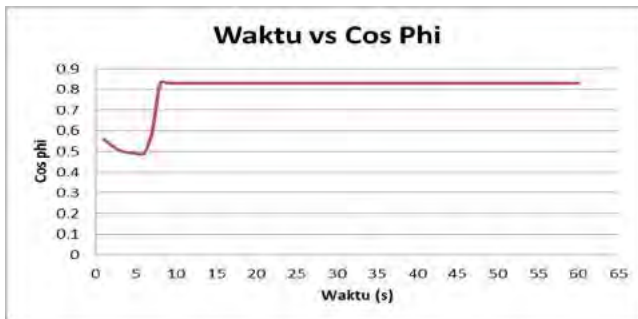
j. Fan Compressor Room (Exhaust)

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.392	40.8	0.561	0.39	0.002	0.51
2	0.392	37.7	0.528	0.39	0.002	0.51
3	0.392	35.1	0.506	0.39	0.002	0.51
4	0.392	33.5	0.496	0.39	0.002	0.51
5	0.392	32.6	0.493	0.39	0.002	0.51
6	0.39	95.8	0.492	0.387	0.003	0.77
7	0.39	75.9	0.588	0.388	0.002	0.51
8	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
9	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
10	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
11	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
12	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
13	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
14	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
15	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
16	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
17	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
18	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
19	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
20	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
21	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
22	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
23	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
24	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
25	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
26	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
27	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
28	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
29	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
30	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
31	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
32	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
33	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
34	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
35	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
36	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
37	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
38	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
39	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
40	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
41	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
42	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
43	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
44	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
45	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
46	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
47	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
48	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
49	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
50	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
51	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
52	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
53	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
54	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
55	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
56	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
57	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
58	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
59	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51
60	0.393	19.7	0.831	0.391	0.002	0.51



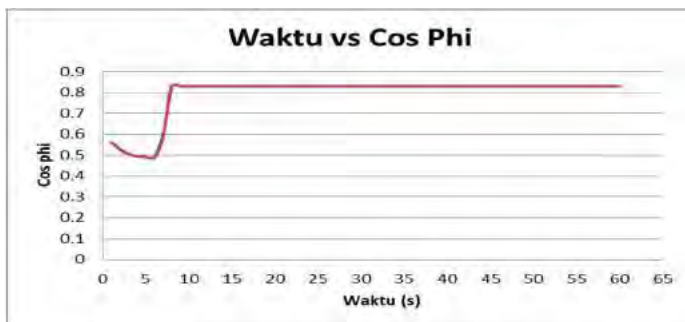
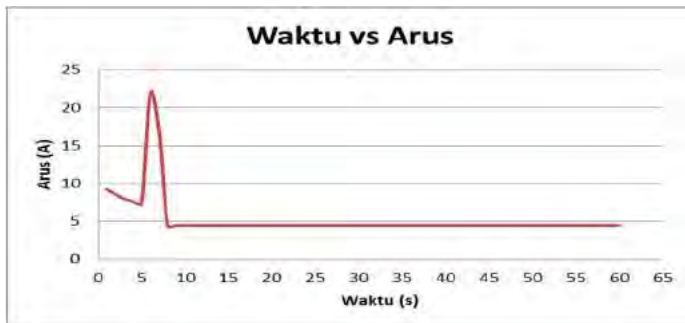


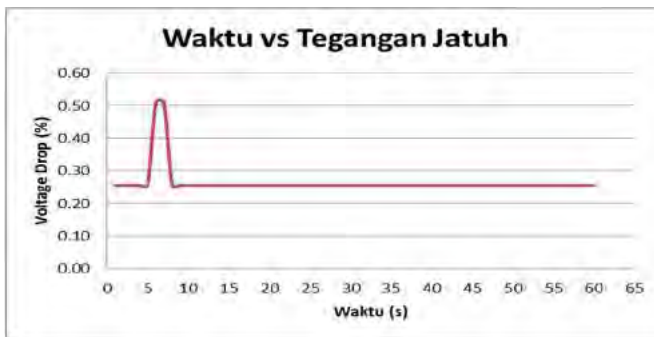
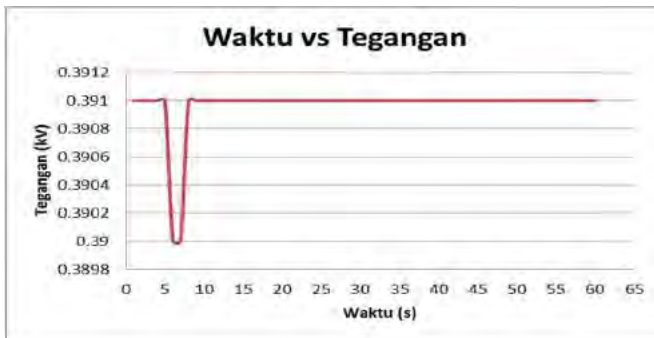
k. Fan Steering Gear Room

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.392	9.3	0.561	0.391	0.001	0.26
2	0.392	8.6	0.528	0.391	0.001	0.26
3	0.392	8	0.506	0.391	0.001	0.26
4	0.392	7.6	0.496	0.391	0.001	0.26
5	0.392	7.4	0.493	0.391	0.001	0.26
6	0.392	21.9	0.492	0.39	0.002	0.51
7	0.392	17	0.601	0.39	0.002	0.51
8	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
9	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
10	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
11	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
12	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
13	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
14	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
15	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
16	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
17	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
18	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
19	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
20	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
21	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
22	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
23	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
24	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
25	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
26	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
27	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
28	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
29	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
30	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
31	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
32	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
33	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
34	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
35	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
36	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
37	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
38	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
39	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
40	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
41	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
42	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
43	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
44	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
45	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
46	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
47	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
48	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
49	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
50	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
51	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
52	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
53	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
54	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
55	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
56	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
57	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
58	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
59	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26
60	0.392	4.5	0.831	0.391	0.001	0.26



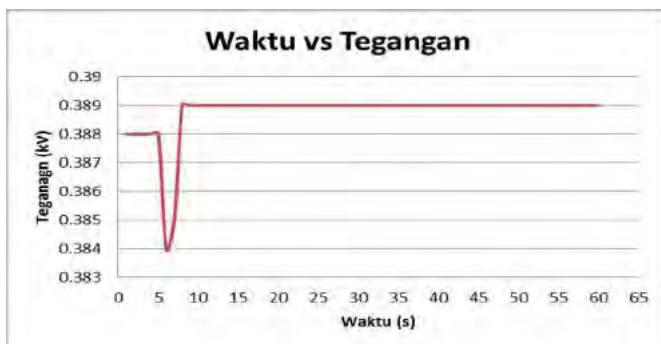
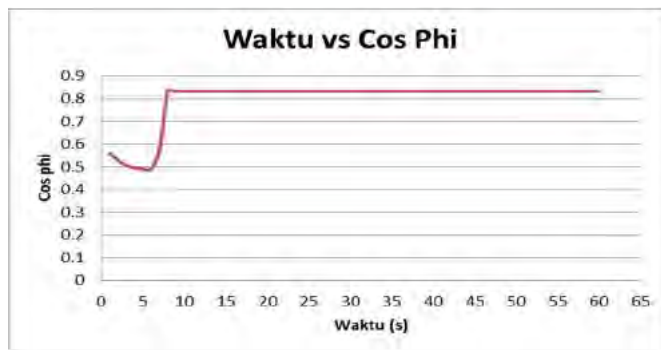
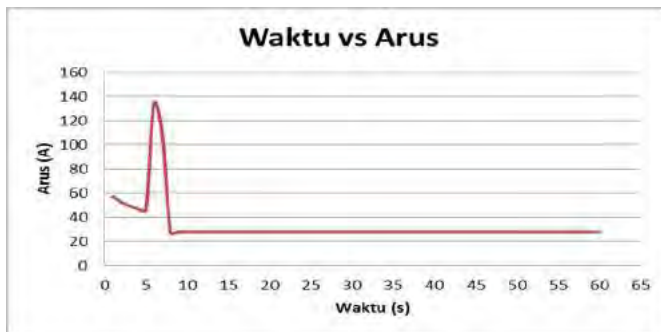


1. Hydropore

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.39	57.1	0.561	0.388	0.002	0.51
2	0.39	52.8	0.529	0.388	0.002	0.51
3	0.39	49.3	0.507	0.388	0.002	0.51
4	0.39	47.1	0.497	0.388	0.002	0.51
5	0.39	45.8	0.493	0.388	0.002	0.51
6	0.387	134	0.492	0.384	0.003	0.78
7	0.388	108.5	0.572	0.385	0.003	0.77

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
8	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
9	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
10	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
11	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
12	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
13	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
14	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
15	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
16	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
17	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
18	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
19	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
20	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
21	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
22	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
23	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
24	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
25	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
26	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
27	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
28	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
29	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
30	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
31	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
32	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
33	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
34	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
35	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
36	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
37	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
38	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
39	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
40	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
41	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
42	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
43	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
44	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
45	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
46	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
47	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
48	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
49	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
50	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
51	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
52	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
53	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
54	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
55	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
56	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
57	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
58	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
59	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51
60	0.391	27.9	0.833	0.389	0.002	0.51



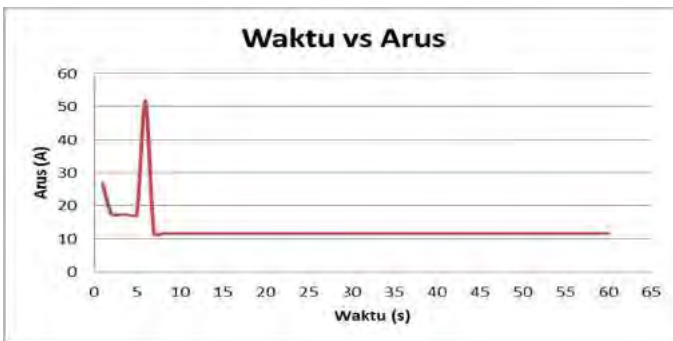


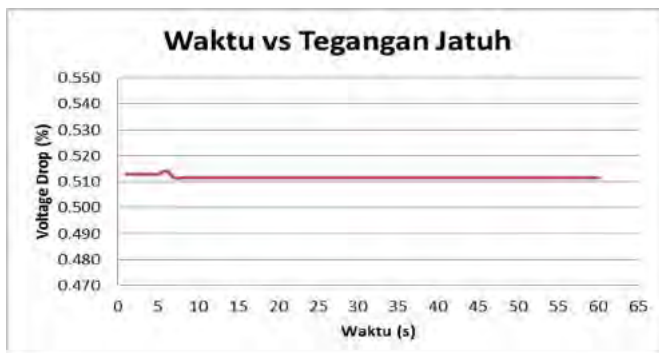
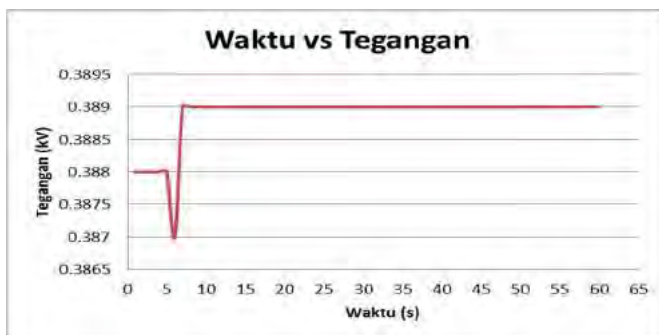
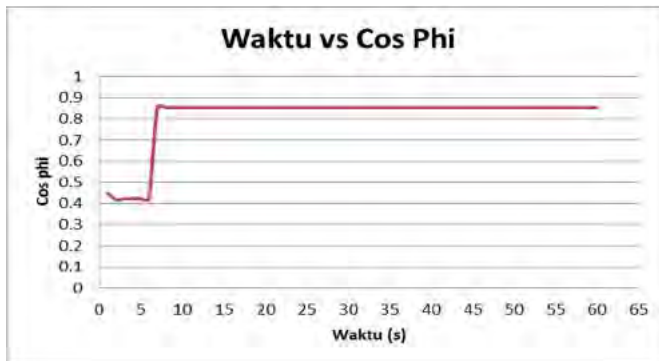
m. MDO Transfer Pump

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.39	26.7	0.449	0.388	0.002	0.513
2	0.39	17.7	0.419	0.388	0.002	0.513
3	0.39	17.4	0.423	0.388	0.002	0.513
4	0.39	17.4	0.424	0.388	0.002	0.513
5	0.39	17.4	0.424	0.388	0.002	0.513
6	0.389	52	0.424	0.387	0.002	0.514
7	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
8	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
9	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
10	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
11	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
12	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
13	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
14	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
15	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
16	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
17	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
18	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
19	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
20	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
21	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
22	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
23	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
24	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
25	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
26	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
27	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
28	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
29	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
30	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
31	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
32	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
33	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
34	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
35	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
36	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
37	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
38	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
39	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
40	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
41	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
42	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
43	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
44	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
45	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
46	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
47	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
48	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
49	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
50	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
51	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
52	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
53	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
54	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
55	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
56	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
57	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
58	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
59	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512
60	0.391	11.6	0.853	0.389	0.002	0.512



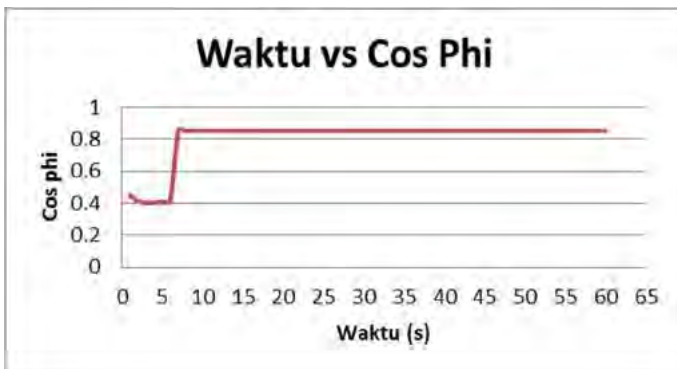
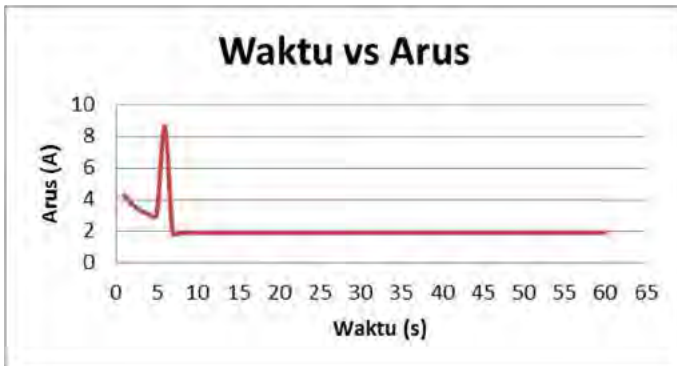


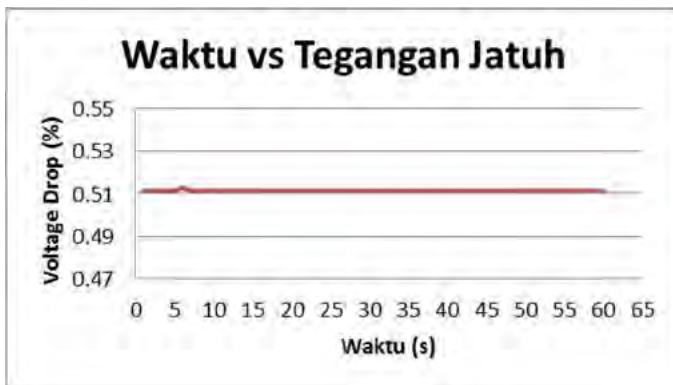
n. MDO Booster Pump

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.391	4.3	0.449	0.389	0.002	0.512
2	0.391	3.7	0.414	0.389	0.002	0.512
3	0.391	3.3	0.402	0.389	0.002	0.512
4	0.391	3.1	0.404	0.389	0.002	0.512
5	0.391	3	0.41	0.389	0.002	0.512
6	0.39	8.7	0.415	0.388	0.002	0.513
7	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
8	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
9	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
10	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
11	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
12	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
13	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
14	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
15	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
16	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
17	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
18	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
19	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
20	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
21	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
22	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
23	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
24	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
25	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
26	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
27	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
28	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
29	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
30	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
31	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
32	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
33	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
34	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
35	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
36	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
37	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
38	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
39	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
40	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
41	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
42	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
43	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
44	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
45	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
46	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
47	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
48	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
49	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
50	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
51	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
52	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
53	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
54	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
55	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
56	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
57	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
58	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
59	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512
60	0.391	1.9	0.853	0.389	0.002	0.512





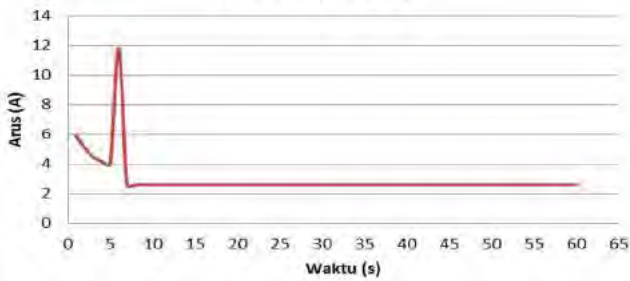
o. LO Transfer Pump

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.391	5.9	0.449	0.389	0.002	0.512
2	0.391	5.1	0.415	0.389	0.002	0.512
3	0.391	4.5	0.402	0.389	0.002	0.512
4	0.391	4.2	0.404	0.389	0.002	0.512
5	0.391	4	0.41	0.389	0.002	0.512
6	0.39	11.8	0.415	0.388	0.002	0.513

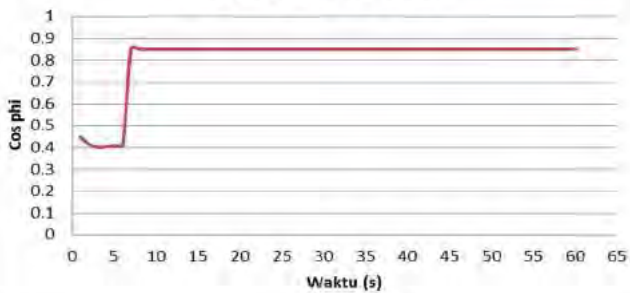
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
7	0.391	2.6	0.854	0.389	0.002	0.512
8	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
9	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
10	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
11	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
12	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
13	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
14	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
15	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
16	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
17	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
18	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
19	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
20	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
21	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
22	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
23	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
24	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
25	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
26	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
27	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
28	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
29	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
30	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
31	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
32	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
33	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
34	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
35	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
36	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
37	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
38	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
39	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
40	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
41	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
42	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
43	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
44	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
45	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
46	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
47	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
48	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
49	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
50	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
51	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
52	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
53	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
54	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
55	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
56	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
57	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
58	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
59	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512
60	0.391	2.6	0.853	0.389	0.002	0.512

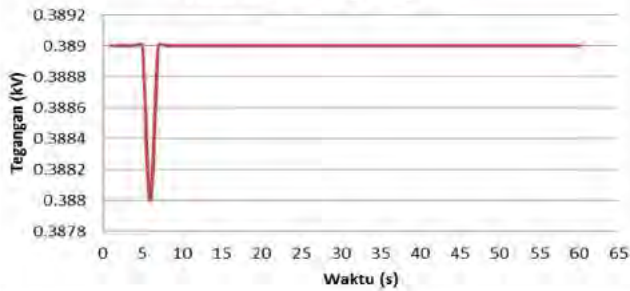
Waktu vs Arus

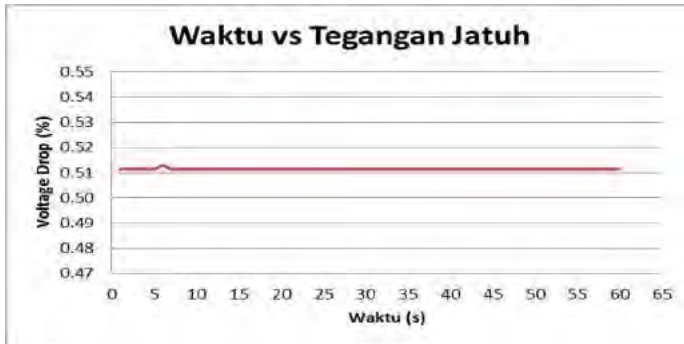


Waktu vs Cos Phi



Waktu vs Tegangan



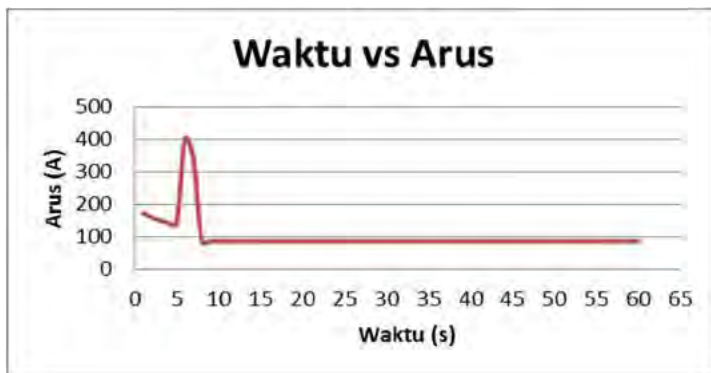


p. CO Fresh Water Pump

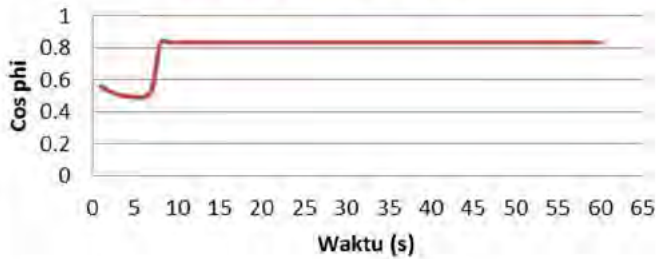
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.385	174.2	0.561	0.382	0.003	0.78
2	0.385	161.6	0.53	0.382	0.003	0.78
3	0.385	151	0.508	0.382	0.003	0.78
4	0.385	144.3	0.497	0.382	0.003	0.78
5	0.385	140.4	0.493	0.382	0.003	0.78
6	0.376	402.5	0.492	0.371	0.005	1.33
7	0.378	343.6	0.537	0.374	0.004	1.06
8	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
9	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
10	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
11	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
12	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
13	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
14	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
15	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
16	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
17	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
18	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
19	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
20	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
21	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
22	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
23	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
24	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
25	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
26	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
27	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
28	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
29	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
30	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
31	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
32	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
33	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
34	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
35	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
36	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
37	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
38	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
39	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
40	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
41	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
42	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52

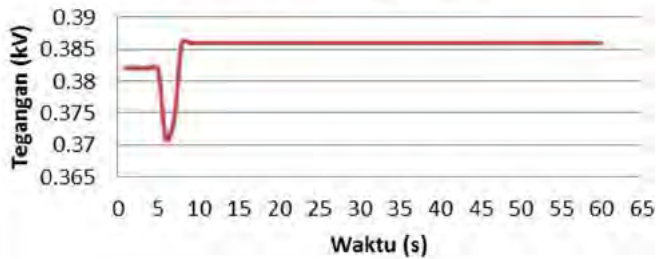
Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
43	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
44	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
45	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
46	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
47	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
48	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
49	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
50	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
51	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
52	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
53	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
54	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
55	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
56	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
57	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
58	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
59	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52
60	0.388	86.9	0.834	0.386	0.002	0.52



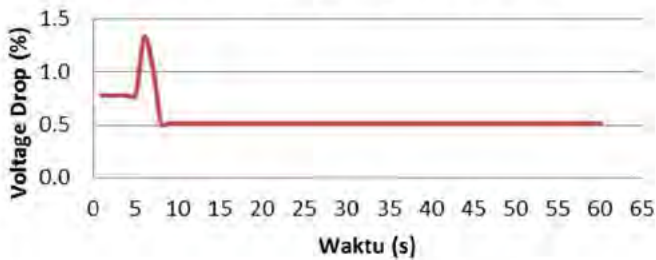
Waktu vs Cos Phi



Waktu vs Tegangan



Waktu vs Tegangan Jatuh

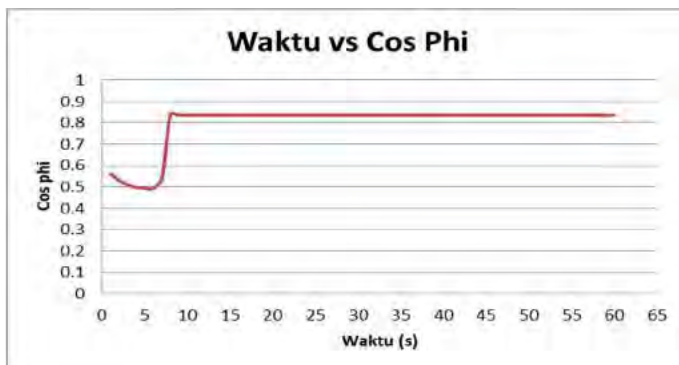
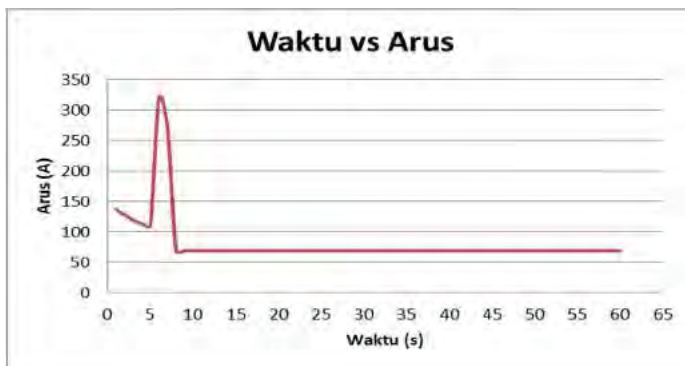


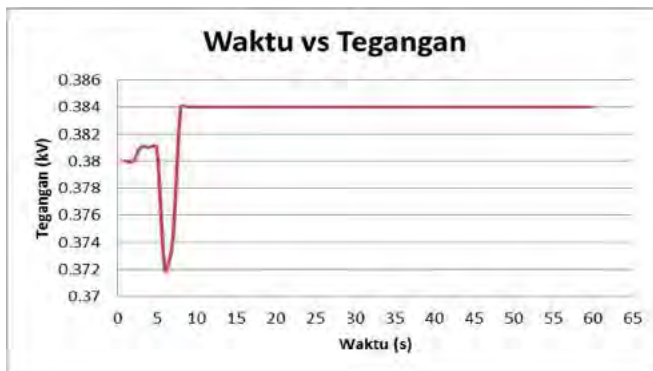
q. CO Sea Water Pump

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos ϕ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
1	0.384	137.5	0.561	0.38	0.004	1.04
2	0.384	127.6	0.53	0.38	0.004	1.04
3	0.384	119.3	0.508	0.381	0.003	0.78
4	0.384	113.9	0.497	0.381	0.003	0.78
5	0.384	110.9	0.493	0.381	0.003	0.78
6	0.377	319.8	0.492	0.372	0.005	1.33
7	0.378	272.2	0.537	0.374	0.004	1.06
8	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
9	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
10	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
11	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
12	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
13	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
14	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
15	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
16	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
17	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
18	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
19	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
20	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
21	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
22	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
23	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
24	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
25	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
26	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
27	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
28	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
29	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
30	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
31	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
32	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
33	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
34	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
35	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
36	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
37	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
38	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
39	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
40	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
41	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
42	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
43	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
44	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
45	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
46	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
47	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
48	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
49	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
50	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
51	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
52	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78

Time (s)	Vs (kV)	I (A)	Cos φ	Vr (kV)	ΔV	ΔV (%)
53	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
54	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
55	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
56	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
57	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
58	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
59	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78
60	0.387	69.1	0.836	0.384	0.003	0.78





II. Hasil pengambilan data lapangan

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



TABEL PENGAMBILAN DATA LAPANGAN
27-01-2016

No.	Nama Peralatan	Hasil Pengambilan Data
1.	Generator 1 (Diameter 60L-24, TA170) 800 kW, 1000 xVA, 750 rpm 50 Hz, 400V	$I_{a1} = 186 \text{ A}$, $I_{a2} = 850 \text{ A}$, $V = 400 \text{ V}$ $I_{a3} = 185 \text{ A}$, $I_{a4} = 910 \text{ A}$, $P = 535 \text{ kW}$ $I_{a5} = 180 \text{ A}$, $I_{a6} = 950 \text{ A}$
2.	Generator 4 (Diameter 60L-24, TA170) 800 kW, 1000 xVA, 750 rpm 50 Hz, 400V	$I_{a1} = 189 \text{ A}$, $I_{a2} = 870 \text{ A}$, $V = 400 \text{ V}$ $I_{a3} = 189 \text{ A}$, $I_{a4} = 940 \text{ A}$, $P = 530 \text{ kW}$ $I_{a5} = 194 \text{ A}$, $I_{a6} = 940 \text{ A}$
3.	Fan (Main Engine Room) - PS Fan - SS Aft - SB Fan - SB Aft	$I = 38 \text{ A}$ $I = 39 \text{ A}$ $I = 38 \text{ A}$ $I = 40 \text{ A}$
4.	Fan (Aux. Engine Room) - PS - SB	$I = 32 \text{ A}$ $I = 34 \text{ A}$
5.	Fan (Separater Room) - Supply - Exhaust	$I = 9,3 \text{ A}$ $I = 9,2 \text{ A}$
6.	Fan (AC Comp. Room) - Supply - Exhaust	$I = 18 \text{ A}$ $I = 18,5 \text{ A}$
7.	Fan Steering Gear Room	$I = 5,1 \text{ A}$
8.	AC Plant I	$I = 298 \text{ A}$
9.	AC Plant II	$I = 310 \text{ A}$
10.	MCC I	$I = 300 \text{ A}$

Mengetahui,
Kepala Kamar Mesin

MUKHLIS SONTANA
NRP. 03814



Pembimbing Lapangan

AGUS BAHRIUL ILMI
NRP. 07001


JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



TABEL PENGAMBILAN DATA LAPANGAN
28-01-2016

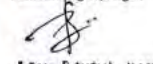
No.	Nama Peralatan	Hasil Pengambilan Data
1.	Sea CW P.P.1 Aux. Engine	$I_{\text{normal}} = 2.5 \text{ A}$
2.	Chill Water Pump 1	$I_{\text{normal}} = 80 \text{ A}$
3.	Sea Water Pump 3	$I_{\text{normal}} = 23 \text{ A}$
4.	Sea Water Pump 2 (off)	$I_{\text{normal}} = -$
5.	Sea Water Pump 1	$I_{\text{normal}} = 24 \text{ A}$
6.	Chill Water Pump 1 (off)	$I_{\text{normal}} = -$
7.	Compressor 3	$I_{\text{normal}} = 345 \text{ A}$
8.	Compressor 2 (off)	$I_{\text{normal}} = -$
9.	Compressor 1	$I_{\text{normal}} = 300 \text{ A}$
10.	Steering Gear	$I_{\text{normal}} = 25 \text{ A}$
11.	Oil Water Separator, 5 m ³ /h	$I_{\text{normal}} = 4.5 \text{ A}$
12.	Boost & Bridge Pump	$I_{\text{start}} = 95 \text{ A}$ $I_{\text{normal}} = 51 \text{ A}$
13.	Temperature Engine Room	$T = 36^{\circ}\text{C}$ $= 97^{\circ}\text{F}$
14.	PP Hydroport. no. I	$I_{\text{max}} = 20 \text{ A}$

Mengetahui,
 Kepala Kamar Mesin


MUCHLIS SUKITAMA
 NRP. 05014



Pembimbing Lapangan


AGUS BAHDILL ILMI
 NRP. 07001

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



TABEL PENGAMBILAN DATA LAPANGAN
89-01-2016

No.	Nama Peralatan	Hasil Pengambilan Data
1.	Generator 2 (Daihatsu 6DL-24, TAIYO) 800 kW, 1000 kVA, 750 rpm 50 Hz, 400 V	$I_{E1} = 185 \text{ A}$, $I_{E2} = 870 \text{ A}$, $V = 400 \text{ V}$ $I_{E3} = 185 \text{ A}$, $I_{E4} = 850 \text{ A}$, $P = 500 \text{ kW}$ $I_{T1} = 185 \text{ A}$, $I_{T2} = 850 \text{ A}$
2.	Boat Thruster CT111-1P Drive Motor ABB MILFA 355 LDK A 1400 rpm, 750 kW, 400 V 50 Hz	$I_{S101} = 3800 \text{ A}$ } I $I_{T10101} = 500 \text{ A}$ $I_{S102} = 2500 \text{ A}$ } I $I_{T10202} = 500 \text{ A}$ = Saat Berlayar Berbelakang $I_{T10101} = 750 \text{ A}$

Mengetahui,
Kepala Kamar Mesin

MUCHLIS SUNITANA
NRP. 03014



Pembimbing Lapangan

AGUS CAHRELL ILMI
NRP. 07001

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengamatan langsung di KM. Dorolonda dan pembuatan simulasi *software* ETAP, kemudian dilakukan analisa. Maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Kondisi *sailing* didapatkan tegangan jatuh hasil perhitungan terbesar 25,02% pada beban MDO Booster Pump dan terkecil 5,76% pada beban CO FW Pump yang keduanya tidak memenuhi standar IEC 5%. Pada hasil simulasi terbesar 6,43% pada beban MDO Transfer Pump yang tidak memenuhi standar IEC 5% dan terkecil 0,39% pada beban CO SW Pump.
2. Kondisi *loading unloading* didapatkan tegangan jatuh hasil perhitungan terbesar 25,02% pada beban MDO Booster Pump dan terkecil 5,76% pada beban CO FW Pump yang keduanya tidak memenuhi standar IEC 5%. Pada hasil simulasi terbesar 5,68% pada beban MDO Transfer Pump yang tidak memenuhi standar IEC 5% dan terkecil 1,58% pada beban CO SW Pump.
3. Kondisi *anchoring* didapatkan tegangan jatuh hasil perhitungan terbesar 25,02% pada beban MDO Booster Pump dan terkecil 5,76% pada beban CO FW Pump yang keduanya tidak memenuhi standar IEC 5%. Pada hasil simulasi terbesar 5,68% pada beban MDO Transfer Pump yang tidak memenuhi standar IEC 5% dan terkecil 0,39% pada beban CO SW Pump.
4. Kondisi *manuevering* didapatkan tegangan jatuh hasil perhitungan terbesar 25,02% pada beban MDO Booster

Pump dan terkecil 5,04% pada beban Bow Thruster yang keduanya tidak memenuhi standar IEC 5%. Pada hasil simulasi terbesar 7,89% pada beban MDO Transfer Pump yang tidak memenuhi standar IEC 5% dan terkecil 0,47% pada beban Fan Engine Room (PS Fore).

5. Perbaikan tegangan jatuh dilakukan dengan menaikkan tap transformator sebesar 2,5% dari tegangan sekunder transformator sebesar 400V. Perbaikan pada saat *starting* Bow Thruster, dengan memberikan kapasitor pada bus penyulang beban Bow Thruster sebesar 2000 kVAr, hasilnya tegangan jatuh hanya terjadi 13 detik dan telah memenuhi rekomendasi IEEE.
6. Hasil perhitungan tegangan jatuh di KM. Dorolonda lebih besar dibandingkan dengan hasil simulasi sehingga menghasilkan nilai *error* tinggi, disebabkan oleh beberapa faktor antara lain ketidak seimbangan beban listrik, panjang penghantar dari generator ke setiap beban, umur peralatan, kondisi penghantar listrik, sambungan kawat pada titik cabang, kurangnya sistem eksitasi pada generator dan faktor arus *starting* pada setiap beban motor induksi. Dampak tegangan jatuh menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik, mengurangi umur peralatan dan berkurangnya efisiensi peralatan.

5.2 Saran

1. Melakukan pengisian kelengkapan data pada *software* yang sesuai dengan kondisi riil di lapangan agar hasil analisa data dapat lebih mendekati kondisi yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, Hasyim. 2011. "Perbaikan Tegangan Jatuh dan Rekonfigurasi Beban Pada Panel Utama Prambanan". Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Brice, Charles W. "*Voltage-Drop Calculations and Power-Flow Studies for Rural Electric Distribution Lines*". University of South Carolina, Columbia, USA.
- Chapman, Stephen J. 2005. "*Electric Machinery Fundamentals Fourth Edition*". McGraw Hill, New York, USA.
- Chikaraishi, Hirotaka. Hayashi, Kazuo. Mito, Toshiyuki. Okumura, Kagao. Abe, Ryo. 2004. "*Line Voltage Detector fo SMESS System Design to Protect From Momentary Voltage Drop*". IEEE.
- Dharamjit & Tanti, D.K. 2012. "*Load Flow Analysis on IEEE 30 bus System*". International Journal of Scientific and Research Publications, India, IEEE.
- Dwi Cahyanto, Restu & Ardita, I Made. 2008. "Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi – Rugi Daya Pada Penyulang Pupur dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap dan Penggantian Kabel Penyulang". Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Erhaneli & Riski, Aldi. 2013. "Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan Pada SUTM 20 KV Feeder Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci". Institut Teknologi Padang, Padang, Sumatera Barat.
- IEC 60364-8-1, Annex A. "*Maximum Voltage Drop Allowed in The Electrical Installations*"

- IEEE std. 1159-1995. “*IEEE Standard Voltage Dip*”. IEEE, New York.
- Kapahi, Rohit. 2013. “*Load Flow Analysis of 132 kV Substation Using ETAP Software*”. International Journal of Scientific and Engineering Research, IEEE.
- Patil, Piyush S. & Porate K.B. 2009. “*Starting Analysis of Induction Motor. A Computer Simulation by ETAP Power Station*”. Second International Conference Emerging Trends in Engineering and Technology, IEEE.
- Power System Laboratory. “Simulasi Load Flow Analysis ETAP 12”. Teknik Elektro, ITS Surabaya.
- Purnomo Putro, Andang. Karnoto. Winardi, Bambang 2010. “Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan Dengan Menggunakan ETAP 7.5.0”. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ranu, Henry. 2007. “Elektronika Dasar, Arus dan Tegangan Listrik”. Jakarta.
- Syahid, Achmad & P.H., Edy. 2004. “Rancangan Instalasi Listrik”. Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Tanjung, Abrar. 2010. “Analisis Penentuan Kapasitor Optimum Untuk Memperbaiki Jatuh Tegangan dan Meminimalkan Rugi – Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Menggunakan Program *Electric Transient Analysis Program*”. Universitas Lancang Kuning.
- Wahyudy, Firman Rahmat. Sarwito, Sardono. Kurniawan, Adi 2016. “Analisis Arus Starting Transformator Pada Pengoperasian Container Crane di Pelabuhan”. Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LAMPIRAN

1. Hasil simulasi *motor acceleration analysis* tiap beban
2. Hasil pengambilan data lapangan

BIODATA PENULIS



Penulis Moh. Farid Wahyudianto lahir di Surabaya, 02 Mei 1993. Merupakan anak pertama dari pasangan orang tua Eko Lusdianto dan Dijah Sri Kartikasari. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Wedoro 1 Waru - Sidoarjo, SMPN 1 Waru - Sidoarjo dan SMAN 16 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2011 di Jurusan D3 Teknik Kelistrikan Kapal, lulus pada tahun 2014, lalu pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi lintas jalur S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknologi Kelautan, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, lulus pada tahun 2016. Selama masa studi di ITS penulis aktif mengikuti kegiatan di Laboratorium *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*.

email : faridwahyudianto@gmail.com
: farid.wahyudianto14@mhs.ne.its.ac.id